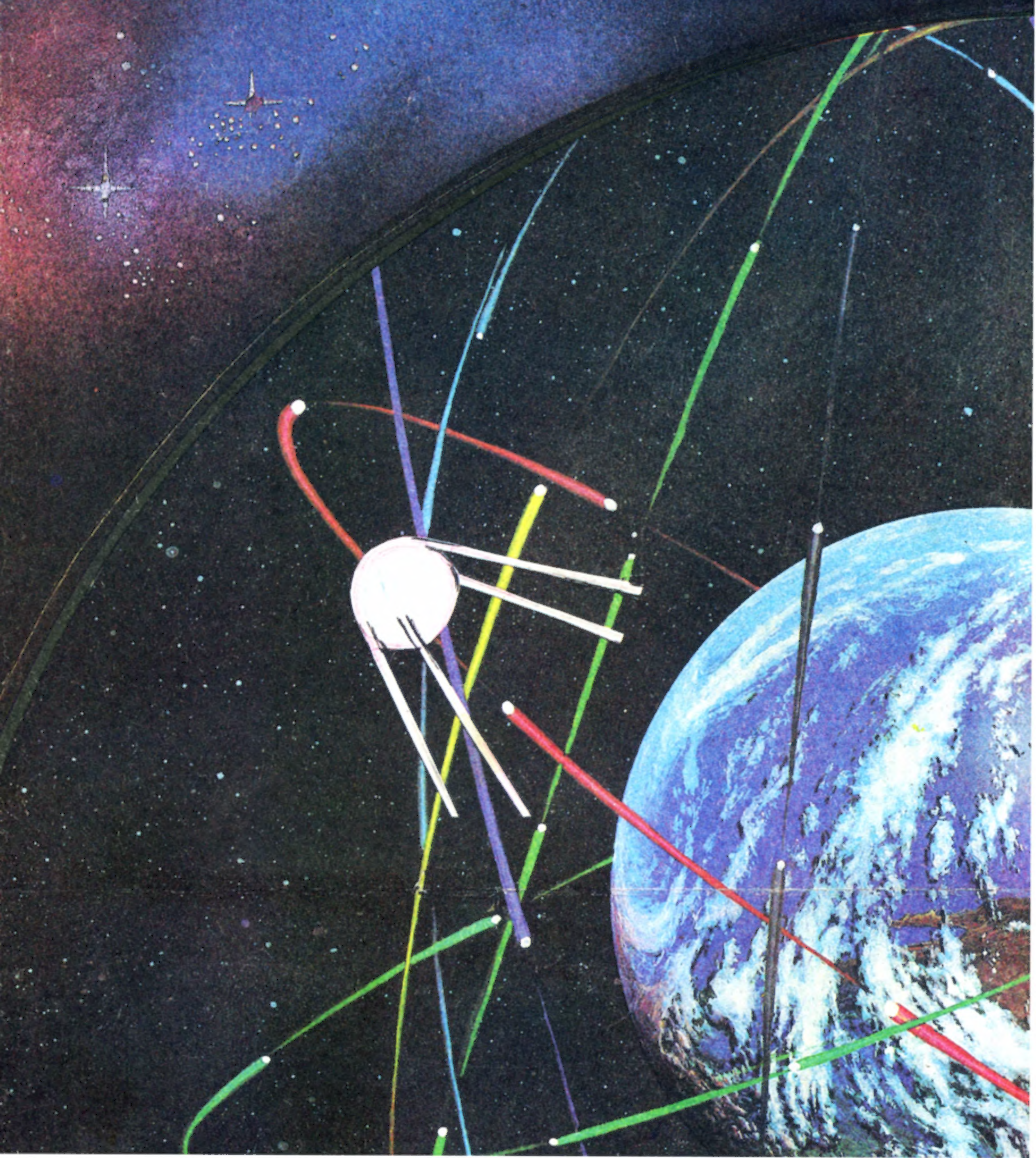


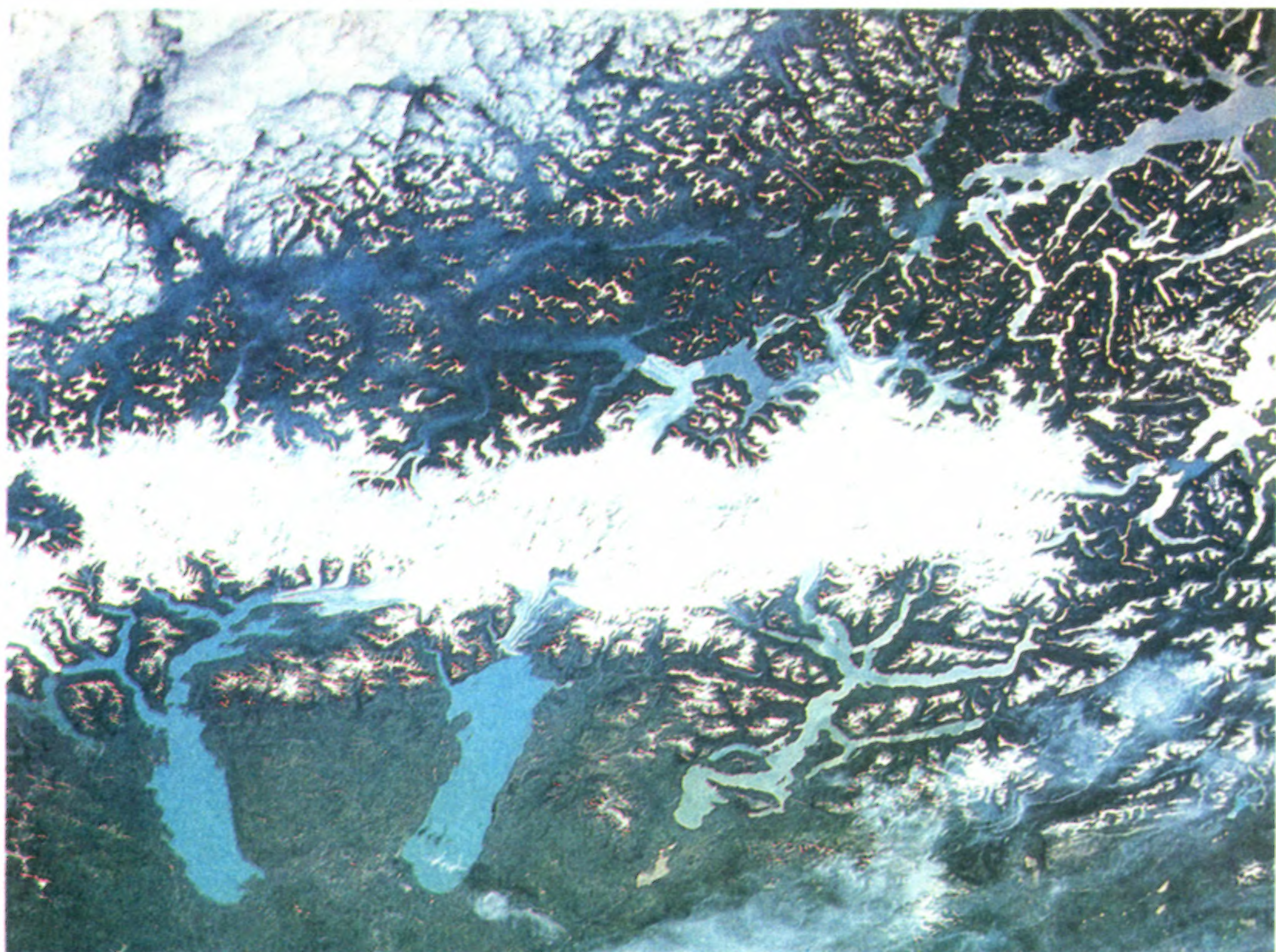
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ 5/92

ISSN 0044-3948

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА





Научно-популярный журнал
Всероссийской Академии наук и
Астрономо-геодезического
общества
Издается с января 1965 года
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука», Москва

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Редакционная коллегия:

Главный редактор
член-корреспондент РАН
В. К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора
Академик
В. М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора
Доктор педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Академик
В. А. АМБАРЦУМЯН
Академик
А. А. БОЯРЧУК
Член-корреспондент РАН
Ю. Д. БУЛАНЖЕ
Доктор психологических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор физико-математических наук
А. А. ГУРШТЕЙН
Доктор физико-математических наук
И. А. КЛИМИШИН
Доктор физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО
Доктор физико-математических наук
И. Н. МИНИН
Член-корреспондент РАН
А. В. НИКОЛАЕВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Кандидат педагогических наук
А. Б. ПАЛЕЙ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор геолого-минералогических наук
Г. И. РЕЙСНЕР
Доктор химических наук
Ф. Я. РОВИНСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Академик
В. В. СОБОЛЕВ
Н. Н. СПАССКИЙ
Кандидат физико-математических наук
В. Г. СУРДИН
Доктор физико-математических наук
Ю. А. СУРКОВ
Доктор технических наук
Г. М. ТАМКОВИЧ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Академик АН Молдовы
А. Д. УРСУЛ
Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК
Доктор физико-математических наук
В. В. ШЕВЧЕНКО
Кандидат географических наук
В. Р. ЯЩЕНКО

В номере:

- 3 КОТЛЯКОВ В. М. Внезапные подвижки ледников
12 ЛЕЙКИН Г. А. Вода на Луне

ЭКОЛОГИЯ

- 20 ВИНОГРАДОВ М. Е., ВОЛКОВ И. И., ЕРЕМЕЕВ В. Н. Экологические беды Черного моря — действительные и мнимые
26 УРСУЛ А. Д., ЛЕВИТАН Е. П., КОМАРОВ В. Н. Космическая изоляция радиоактивных отходов: «за» и «против»

ЗАРУБЕЖНАЯ АСТРОНОМИЯ

- 27 СЕЛАЙЯ Х. А., САЛЬЕС Р. Ф., ПОЛОЖЕНЦЕВ Д. Д. Развитие астрономии в Боливии

ЛЮДИ НАУКИ

- 38 ПАСЕЦКИЙ В. М., КОРОВЧЕНКО А. С. Александр Иванович Воейков (к 150-летию со дня рождения)
43 ЛИШЕВСКИЙ В. П. Первый астроном

ЗАРУБЕЖНАЯ КОСМОНАВТИКА

- 45 ЗАХАРОВ А. И. Венера и «Магеллан»
52 ЛУПИШКО Д. Ф. «Галилео»: первая фотография астероида

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- 57 ПОКРОВСКИЙ Б. А. Международный год космоса: повод для воспоминаний и размышлений
60 БОЛХОВИТИНОВ И. С. Следы на Луне
65 ПЛАХОТНИК А. Ф. Колумб и новая география

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 69 ГУЛАК Ю. К., ДЫЧКО И. А. Резонансы, соизмеримости и макроквантовые явления в Солнечной системе
76 ШЛИОНСКИЙ А. Г. Задержанные радиоэхо и поиск ВЦ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 82 ГОРАНСКИЙ В. П. Необычная симбиотическая звезды MWC 560
86 ГОРШЕЧНИКОВ М. В. В ожидании «звездного дождя» Леонид
90 ЛЕУШКАНОВ А. В. Наблюдения покрытия Луной Марса
93 ОСТАПЕНКО А. Ю. Звездный лагерь: октябрь-ноябрь

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 97 ВАСИЛЕНКО Н. П. Самодельный менисковый телескоп

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

- 100 НЕЯЧЕНКО И. И. Южная рыба

ПРОТИВ АНТИНАУЧНЫХ СЕНСАЦИЙ

- 102 ПЕТУХОВ А. Б. К аномальным явлениям — научный подход!

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 109 ХРГИАН А. Х., ПЕРОВ С. П. Озоновый щит Земли
111 Ответы на вопросы читателей

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ: Выбросы у галактики М 87 (10); Ловцы нейтрино выходят на лед (19); «Легкие Средиземноморья» в опасности (25); На орбите — комплекс «Мир» (37); Станные кратеры на Венере (64); Новый член Местной группы (68); Почему вспыхнула комета Галлея (81); Планеты у пульсара (85); Солнце в апреле — мае 1992 г. (92); Звезда ушла к Дельфину (101); Новая Лебеда 1992 г. (110); Подконтролен ли «парниковый эффект»? (112); Оползнь не было (112)

Заведующая редакцией
Г. В. МАТРОСОВА

Зав. отделом астрономии
Э. А. СТРЕЛЬЦОВА

Зав. отделом наук о Земле
Э. К. СОЛОМАТИНА

Зав. отделом космонавтики
А. Ю. ОСТАПЕНКО

Лит. редактор
Е. А. НИКИТИНА
Художественный редактор
М. С. ВЬЮШИНА

Младший редактор
И. В. ЗОТОВА

Корректоры:
В. А. ЕРМОЛАЕВА
Л. М. ФЕДОРОВА

Обложку журнала оформила
М. С. ВЬЮШИНА

Номер оформили:
Ю. А. ТЮРИШЕВ,
Ю. В. ТИМОФЕЕВ
М. И. РОССИНСКАЯ
Адрес редакции:

117810, ГСП-1, Москва,
Мароновский пер., д. 26
ж-л «Земля и Вселенная»
Т е л е ф о н ы : 238-42-32
238-29-66

На 2-й странице обложки:

Северное ледяное поле Патагонии. Десятки пульсирующих ледников растекаются во все стороны с обширного плато, где аккумуляция льда (из-за обильного питания несущими влагу потоками воздуха с Тихого и Атлантического океанов) существенно превышает обычную для горных ледников норму. Снимок сделан с орбитальной космической станции «Салют-6»

Самый большой ледник Евразии Сичен (оледенения Каракорум на границе между Индией, Пакистаном и Китаем) в окружении «восьмитысячников» Чогори, Гашербрум, Хеден-пик. Десятки пульсирующих ледников выделяются по форме концов своих языков, причудливо изогнутым срединным моренным грядам («спинка бурундука»), опустошенным чашам подпрудных озер.

Снимок сделан с орбитальной космической станции «Салют-7»

к статье В. М. Котлякова
«Внезапные подвижки ледников»

На 3-й странице обложки:

На компьютерной модели этого участка поверхности Венеры, построенной по результатам радиолокационной съемки с борта «Магеллана», виден кратер Стюарт. Для усиления зрительного эффекта вертикальный масштаб увеличен в 22,5 раза, а наблюдатель как бы находится на высоте 1,6 км над поверхностью. Цвета подобраны в соответствии с цветными панорамами, полученными с борта «Венеры-13 и 14»

На этом изображении видно образование в виде короны в 150 км к северу от горы Гула. Диаметр «Короны», носящей имя Идем-Кува — 97 км. Потоки лавы (видны как более светлые пятна) простираются на сотни километров через пересеченные равнины планеты

Zemlya i Vselennaya [Earth and Universe]; Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; publ. by the Nauka [Science] Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the earth and universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V. K. Abalakin, Deputies Editors V. M. Kotlyakov, E. P. Levitan.

In the issue:

- 3 KOTLYAKOV V. M. Sudden movements of glaciers
- 12 LEIKIN G. A. The Water on the Moon

ECOLOGY

- 20 VINOGRADOV M. E., VOLKOV I. I., YEREMEEV V. N. Ecological misfortunes of the Black Sea—real and imaginary
- 26 URSUL A. D., LEVITAN E. P., KOMAROV V. N. Space isolation of the radioactive garbages

FOREIGN ASTRONOMY

- 27 ZELAYA J. A., ZALLES R., POLOZHENTSEV D. D. The development of astronomy in Bolivia

THE PEOPLE OF SCIENCE

- 38 PASSETSKIY V. M., KOROVCHENKO A. S. Alexandr Ivanovich Voejkov (to the 150-th anniversary)
- 43 LISHEVSKIY V. P. The first astronomer

FOREIGN COSMONAUTICS

- 45 ZAKHAROV A. I. Venus and “Magellan”
- 52 LUPISHKO D. F. “Galileo”: the first picture of an asteroid

FROM THE HISTORY OF SCIENCE

- 57 POKROVSKIY B. A. The International Space Year: reason for recollections and reflections
- 60 BOLKHOVITINOV I. S. The traces on the Moon
- 65 PLAKHOTNIK A. F. Columbus and the new geography

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 69 GULAK Yu. K., DYCHKO I. A. Resonances, coincidences and macroquantum effects in the Solar System
- 76 SHLIONSКИY A. G. Delayed radioecho and SETI

AMATEUR ASTRONOMY

- 82 GORANSKIY V. P. The unusual symbiotic star
- 86 GORSHECHNIKOV M. V. Expecting the Leonid meteor shower
- 90 LEUSHKANOV A. V. Observations of the Mars by the Moon occultation
- 93 OSTAPENKO A. Yu. The Star Casket: October—November

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 97 VASILENKO N. P. A hand-constructed meniskus telescope

LEGENDS ABOUT STARS

- 100 NEYACHENKO I. I. Pisclis Austrinus

AGAINST THE ANTISCIENTIFIC SENSATIONS

- 102 PETUKHOV A. B. To the anomal phenomena—a scientific approach!

BOOKS ABOUT THE EARTH AND THE SKY

- 109 KHRGIAN A. Kh., PEROV S. P. The ozone shield of the Earth
- 111 Answers on the readers' questions

Внезапные подвижки ледников

В. М. КОТЛЯКОВ,
академик
директор Института географии РАН

ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ МНОЖЕСТВО

Осенью 1969 г. в г. Орджоникидзе (ныне Владикавказ) появились два туриста, только что спустившиеся с гор. Они рассказали, как, заночевав у крутого горного отрога в долине Геландона, среди ночи были разбужены грохотом, а когда рассвело, увидели ледяную громаду, медленно выползавшую в долину из-за горного склона. Отрываясь от этого гигантского потока, громадные глыбы льда с гулом валялись в речное русло. Вода в реке стала мутной...

На другой день в местной газете появилась заметка «Родился ледник». В ней упоминалась катастрофа, случившаяся летом 1902 г. Тогда в долине Геналдон пронесся высоченный вал воды и льда, погубивший десятки людей и многочисленные стада овец. В самых узких местах долины поток достигал 100-метровой высоты — позднее отдельные глыбы льда находи-

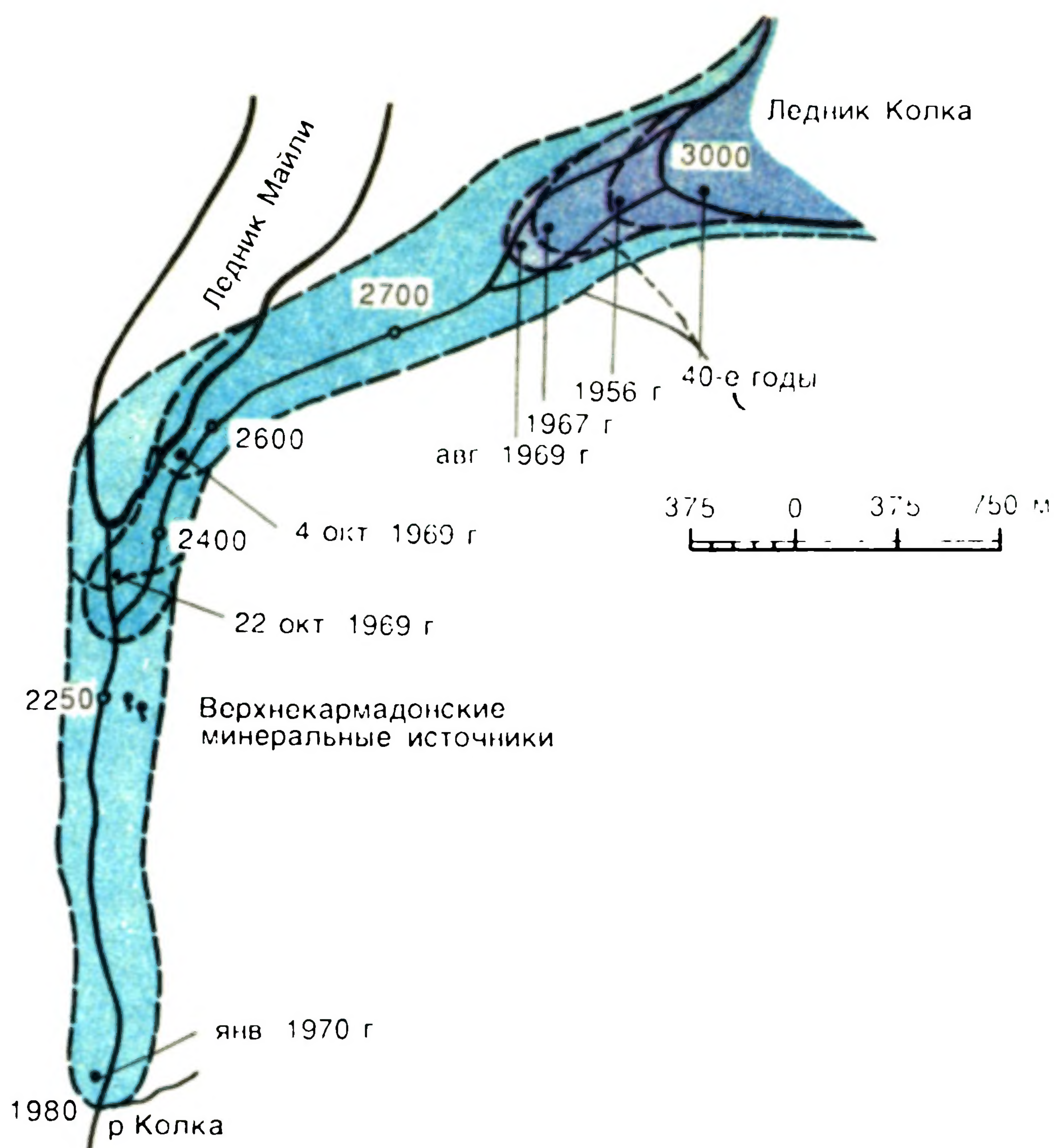


Пульсирующие ледники — удивительный природный феномен. Их отличает способность, казалось бы, без всяких причин внезапно и быстро двигаться. Что это за ледники и как их изучают? Каков механизм их подвижек и можно ли прогнозировать такие подвижки!

ли по склонам на 100 м выше русла реки. По рассказам старожилов подобное случилось в этой долине и в 1835 г.

А осенью и зимой 1969—70 гг. там произошло вот что. Небольшой ледник Колка, немногим больше 3 км, вдруг стал быстро удлиняться. С сентября по январь ледниковый язык вырос до 4 км, а его конец спустился на 785 м ниже. Несмотря на то, что ледник двигался по очень пологой долине, временами он проходил в сутки десятки метров, а толщина наступающего языка составляла 130 м. Ледник создал реальную угрозу паводков и ледовых выбросов. Это была быстрая подвижка ледника. Подобные ледники в нашей стране получили название пульсирующих. Изучение явлений, связанных с ними, в те годы еще только начиналось.

Пульсирующие ледники — особый класс ледников. Для них характерны внезапные продвижения без видимой связи с изменениями климата. Такие периодические



Продвижение ледника Колка (в плане). Разным цветом показано разрастание ледника в различные годы (указаны также даты положений ледникового фронта). Цифры — высота над уровнем моря (в метрах)

пульсации возникают из-за нестабильности динамических связей в леднике, из-за релаксационных колебаний, причина которых — изменение силы трения о дно и дробление льда.

Ледниковые подвижки известны давно. В Тиро́льском музее землеведения в Инсбруке (Австрия) хранится картина, на которой изображен ледник Фернагтфернер в Альпах после резкой подвижки 16 мая 1678 г. Другой рисунок того же ледника после очередной подвижки 16 августа 1772 г. опубликован в книге о Тироле, изданной в Вене. На обоих

рисунках видны характерные черты пульсирующих ледников: они разбиты на глыбы, озера подпружены льдом.

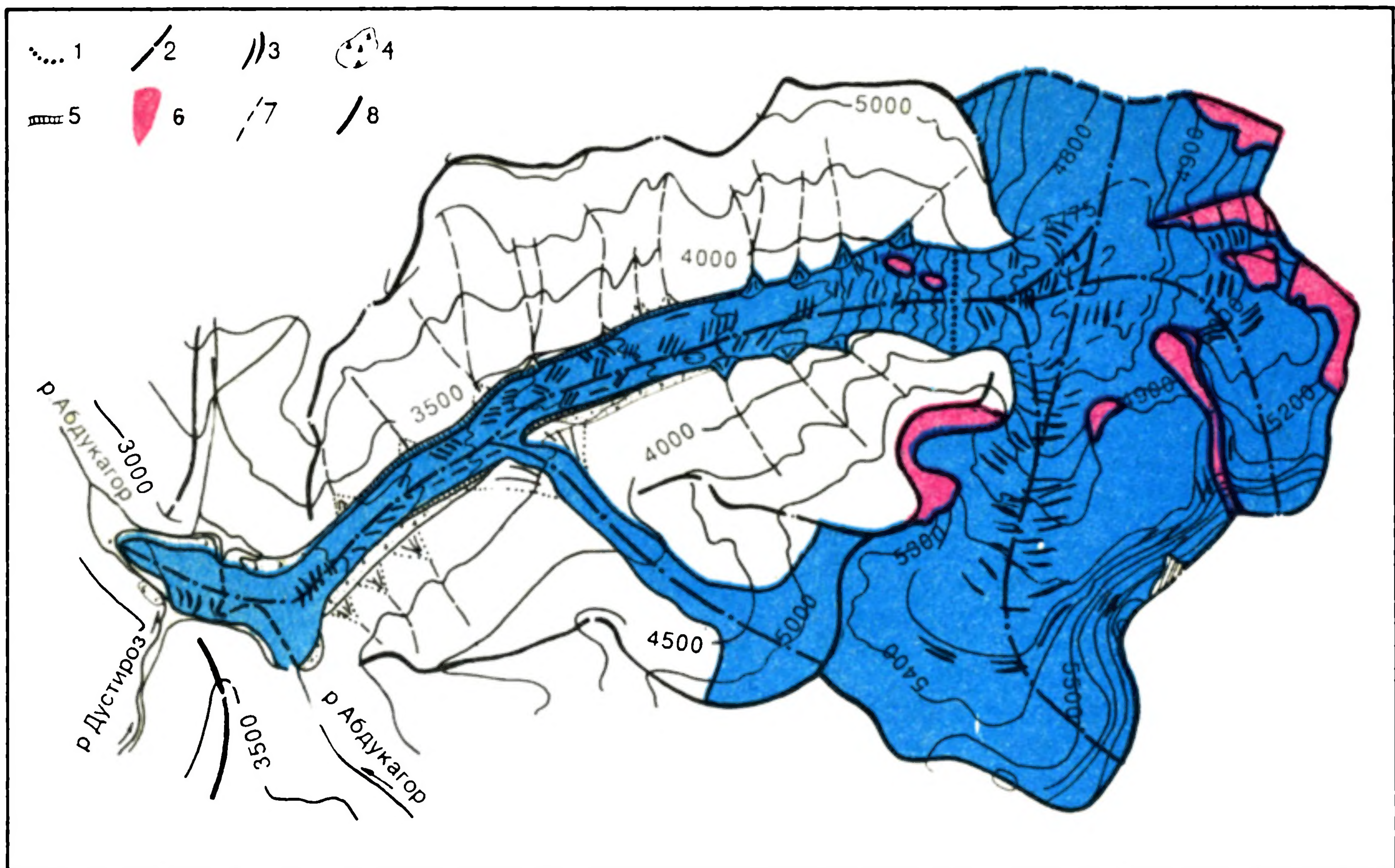
В истории Эццальских Альп известны четыре подвижки ледника Фернагтфернер: в 1599, 1678, 1772 и 1843 гг. Каждый раз ледник продвигался на 2 км, подпруживал реку Рофон, образуя ледниково-подпрудное озеро, прорыв которого приводил к катастрофам. Как видим, резкие наступания ледника происходили каждые 70—90 лет. Но очередной его подвижки — она ожидалась в 20-х гг. нашего столетия — не произошло, по-видимому, из-за общего отступления ледников, последовавшего с конца прошлого века.

В настоящее время известны сотни пульсирующих ледников во многих районах Земли. Больше всего их на Аляске, в Исландии и на Шпицбергене, в горах центральной Азии и на Памире.

На Аляске, в горах Святого Ильи (число ледников там превышает 2500), известно 150 пульсирующих ледников. Как правило, это крупные ледники длиной более 10 км. Подвижки захватывают не только главный ствол, но и боковые притоки таких ледников. Один из них, **ледник Мульдру** Аляскинского хребта, берет начало с горы Мак-Кинли и протягивается на 63 км. Зимой 1956—57 гг., после долгих лет спокойствия (предыдущая подвижка была в начале века), на одном из притоков ледника зародилась кинематическая волна, которая скоро достигла главного ствола. Средняя скорость движения волны с июля 1956 по январь 1957 г. составляла 150 м/сут, максимальная же скорость достигала 300 м/сут в августе 1956 г. При этом скорость движения льда не превышала 90—120 м/сут. За девять месяцев конец ледника продвинулся на 6,6 км. Поверхность льда в верхней части понизилась на 20—60 м, а в нижней возросла до 150 м. Главный поток разбился на множество ледяных глыб, а на боковых появились ледопавы.

В конце зимы 1937 г. американские газеты писали о наступании ледника **Блэк Рэпидз** в Аляскинском хребте, в 210 км к югу от Фербенкса. С сентября 1936 г. по февраль 1937 г. конец ледника продвинулся на 6,5 км, и в результате оказалось под угрозой единственное в то время шоссе, связывавшее Фербенкс с внешним миром. В течение полугода ледниковый фронт продвигался со скоростью 35, а временами и более 60 м/сут. В домах, находящихся в десятке километров от ледника, от грохота и сотрясений почвы дребезжали стекла.

В 60-х гг., когда климатические условия в Северном полушарии были благоприятны для оледенения, на Аля-



ске пульсировало сразу несколько ледников. Среди них — самый крупный в Северной Америке ледник Беринга; в 1965—66 гг. он продвинулся на 13 км и увеличил площадь на 52 км², а ледник Уолш длиной около 75 км, дремавший с 1918 г., за 1963—65 гг. продвинулся на 10 км.

В горах Аляски одновременно пульсирует несколько ледников, но многие из подвижек никто не наблюдает. В ноябре 1979 г. мне пришлось лететь на маленьком самолетике из глубины Аляски в большой прибрежный город Анкоридж. Пролетая над Аляскинским хребтом и его главной вершиной Мак-Кинли, мы вдруг увидели на снежном покрывале свежие разрывы, торошение льда, разломы и ледопады — типичную картину пульсирующего ледника. Так в реестр североамериканских ледников этого типа был внесен еще один новый объект.

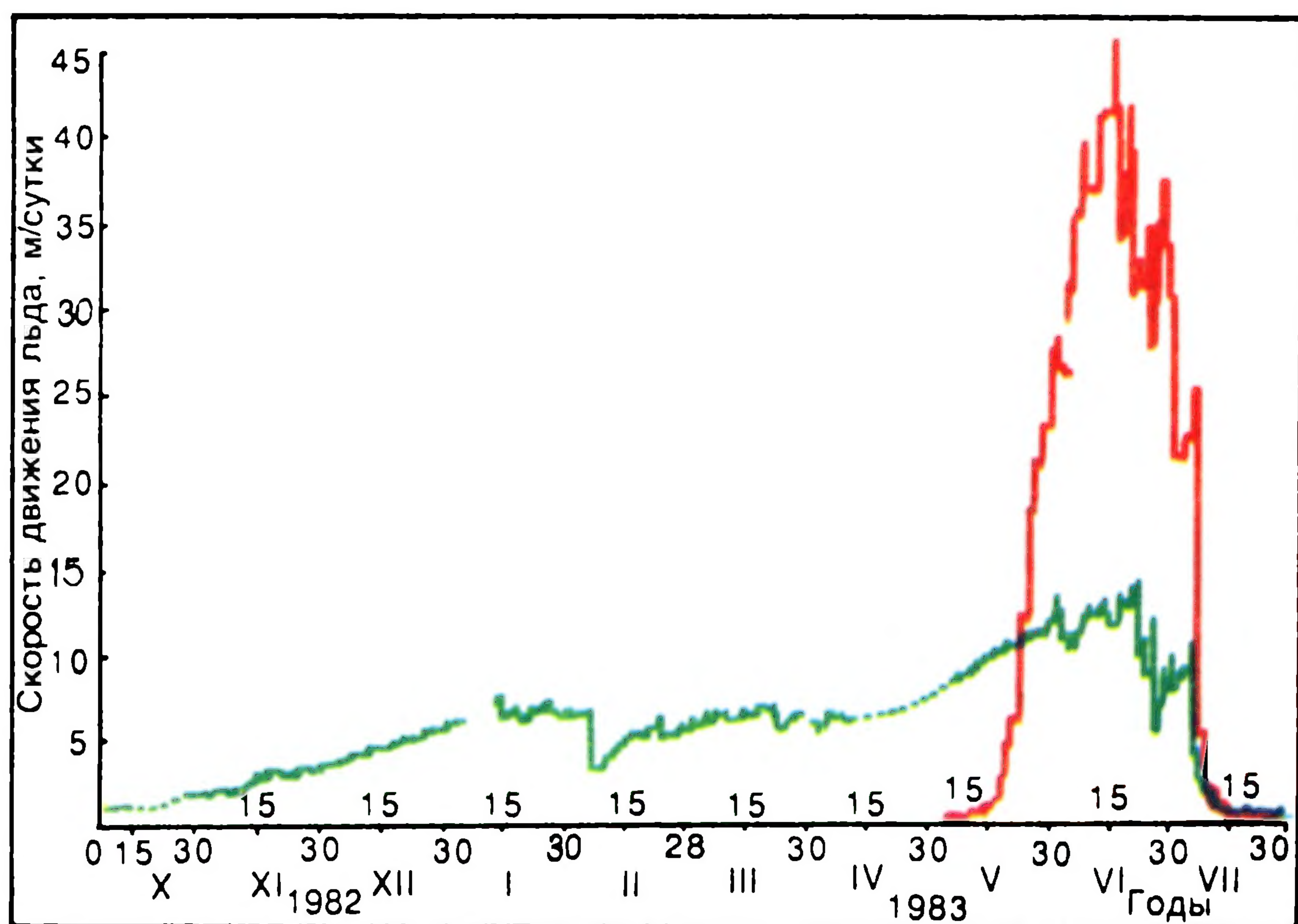
Много пульсирующих ледников на Шпицбергене. На-

Схематический рисунок ледника Медвежьего (Памир) в сентябре 1968 г. в период между подвижками (показан синим цветом). Условные обозначения: 1 — фирновая линия, 2 — ледораздел с ледником Академии наук, 3 — ледниковые трещины, 4 — моренные гряды, 5 — «террасы оседания», 6 — нуна-таки, 7 — пути схода лавин и селей, 8 — водоразделы. Цифры — высота над уровнем моря (в метрах)

чиная с 1870 г., когда за ледниками здесь начались более или менее регулярные наблюдения, отмечено 72 случая резких подвижек у 54 ледников. Конечно, это далеко не полная картина, и все же подвижки зафиксированы во всех ледниковых районах архипелага, а в некоторых случаях грандиозные. Так, суммарный прирост площади только у трех ледников — Негри, Стоне и Бросвель — составил около 800 км², или 2 % общей площади оледенения Шпицбер-

гена. При этом переместилась масса льда, равная примерно 170 км³, — 4 % объема оледенения архипелага. Соответственно, наступания фронтов этих ледников составили 12, 15 и 20 км.

В Исландии известно более десяти пульсирующих ледников. Около 40 % площади крупнейшей ледниковой шапки — Ватнайокюдля — подвержено резким подвижкам, происходящим иногда синхронно у нескольких ледников. Особенно знаменит своими быстрыми наступаниями с ледниковой шапки выводной ледник Брурайокюдль. Его пульсации отмечались в 1625, 1720, 1810, 1890 гг., а последняя произошла зимой 1963—64 гг. 20 августа 1963 г. увеличился сток с ледника, по нему начала распространяться кинематическая волна, и поверхность льда стала дробиться на столбчатые блоки. В октябре шум ледника был слышен на 50 км в округе. Со второй половины октября ледниковый фронт начал бы-



Скорости движения ледника Ватгейтид на Аляске во время подвижки (октябрь 1982 — июль 1983 гг.) в верхней (зеленая кривая) и нижней (красная кривая) частях потока

строе движение вперед. За месяц он продвинулся на 3 км, а к началу января 1964 г. — еще на 8 км. 5 м/ч — такова была стремительность его наступания, сопровождавшаяся дроблением все большей массы льда и паводками на ледниковой реке.

Известны пульсации ледников в Каракоруме. Здесь подвижкам подвержены ледники длиной 10—25 км, питающиеся, в основном, обвалами лавинного снега. Это обычно довольно круто спускающиеся ледники с языками, заваленными моренным материалом. В 1904—1905 гг. ледник Гассанабад за 2,5 месяца преодолел 10 км; в 1930 г. ледник Султан-Чуску в долине Хумдан переместил на более низкие уровни около 300 млн м³ льда. В его верховьях поверхность понизилась на 100 м, а внизу наступавший язык перекрыл древние морены.

Крупная подвижка ледников произошла в Каракоруме в 1953 г. В конце марта в

верховьях долины, упирающейся в заполненные снегом и льдом цирки южного склона горного массива Харамош (высота 7397 м), вдруг ожили сразу три ледника. 21 марта они начали выносить в долину огромные массы льда и, слившись в единый поток — ледник Кутях, заполнили льдом долину по всей ее ширине — около 3 км. Двигаясь вниз по долине, ломая вековые деревья и переворачивая огромные глыбы, он проходил иногда за сутки до 130 м. За три месяца ледник продвинулся вниз по долине на 12 км и лишь к середине июня успокоился. Затем этот громадный язык начал медленно таять и постепенно отступать к исходным рубежам.

Все больше пульсирующих ледников открывают в горах Средней Азии. В середине 60-х гг. на высоте 3800 м, рядом с ледником Абрамова в Алайском хребте построили крупную гляциологическую станцию. В 1972 г. ледник стал резко наращивать скорость, и его конец быстро пошел вперед, разрушая водомерные посты и другие сооружения. Поверхность льда вздыбилась, образуя лабиринт трещин и ледопадов. За год конец ледника продвинулся на 420 м.

Привлек к себе внимание в 1974 г. ледник Дидаль на хребте Петра Первого. Небольшой по памирским масштабам (площадь 1,6 км², длина 4,8 км), он начал быстро двигаться в июле и удлинился на 700 м, а 1 августа произошел обвал — 600-метровый массив льда был вынесен на полтора километра. Не прошло и двух недель, как новый, еще более грандиозный обвал породил водно-ледовый поток, перенесший лед еще на 3 км. Подобное произошло на кавказском леднике Колка в 1902 г.

Хорошо известна группа пульсирующих ледников в верховьях реки Сауксай в Заалайском хребте. Здесь имели место подвижки крупных ледников Вали, Держинского и Малый Саукдара. Их активные стадии не были синхронными: когда ледник Вали наступал, ледники Держинского и Малый Саукдара уже прошли кульминационную точку и вступили в фазу деградации. Активные стадии ледников также имели разную длительность: у ледника Малый Саукдара она была около 3,5 лет, Держинского — около 4 лет, Вали — около 2 лет. Общий приrost всех трех ледников составил 3,3 км², или 6 % первоначальной площади, а суммарный выброс льда в долину — 220 млн м³.

ПЕРВЫЙ ПРОГНОЗ ЛЕДНИКОВОЙ ПОДВИЖКИ

Самый известный и лучше всего изученный пульсирующий ледник в нашей стране — ледник Медвежий, спускающийся с западного склона самого высокого на Памире хребта Академии наук. Расположен он по соседству с ледником Федченко и имеет смыкающуюся с ним область питания на высоте 4700—5500 м над уровнем моря. Образующийся здесь



Ледник Медвежий во время последней подвижки в июле 1989 г. Область выноса льда. Наступающий ледник полностью перекрыл долину реки Абдукагор, и началось накопление воды за ледовой плотиной. Характерная каплевидная форма окончания языка и его раздробленность огромными трещинами — яркие признаки ледниковой пульсации

Фото Л. В. Десинова

ды за ледниковым барьером возникало озеро и дважды оно прорывалось. Несмотря на высокий паводок, на Ванче больших разрушений не было — помогло сделанное гляциологами предупреждение.

РЕЖИМ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ

лед выливается в долину реки Хирсдары узким 7-километровым языком. Обычно ледник Медвежий движется со скоростью не более 1 м/сут, но в апреле 1963 г. скорость его внезапно и резко возросла: лед стал проходить за сутки до 100 м, быстро продвигаясь вниз по долине. Прошло чуть больше месяца, и язык ледника удлинился почти на 2 км, перегородив боковую долину реки Абдукагор, где образовалось озеро глубиной до 80 м. В середине июня под напором воды ледяная плотина начала разрушаться, вода прорвала перемычку и устремилась вниз по Ванчу, унося с собой крупные ледяные и каменные глыбы.

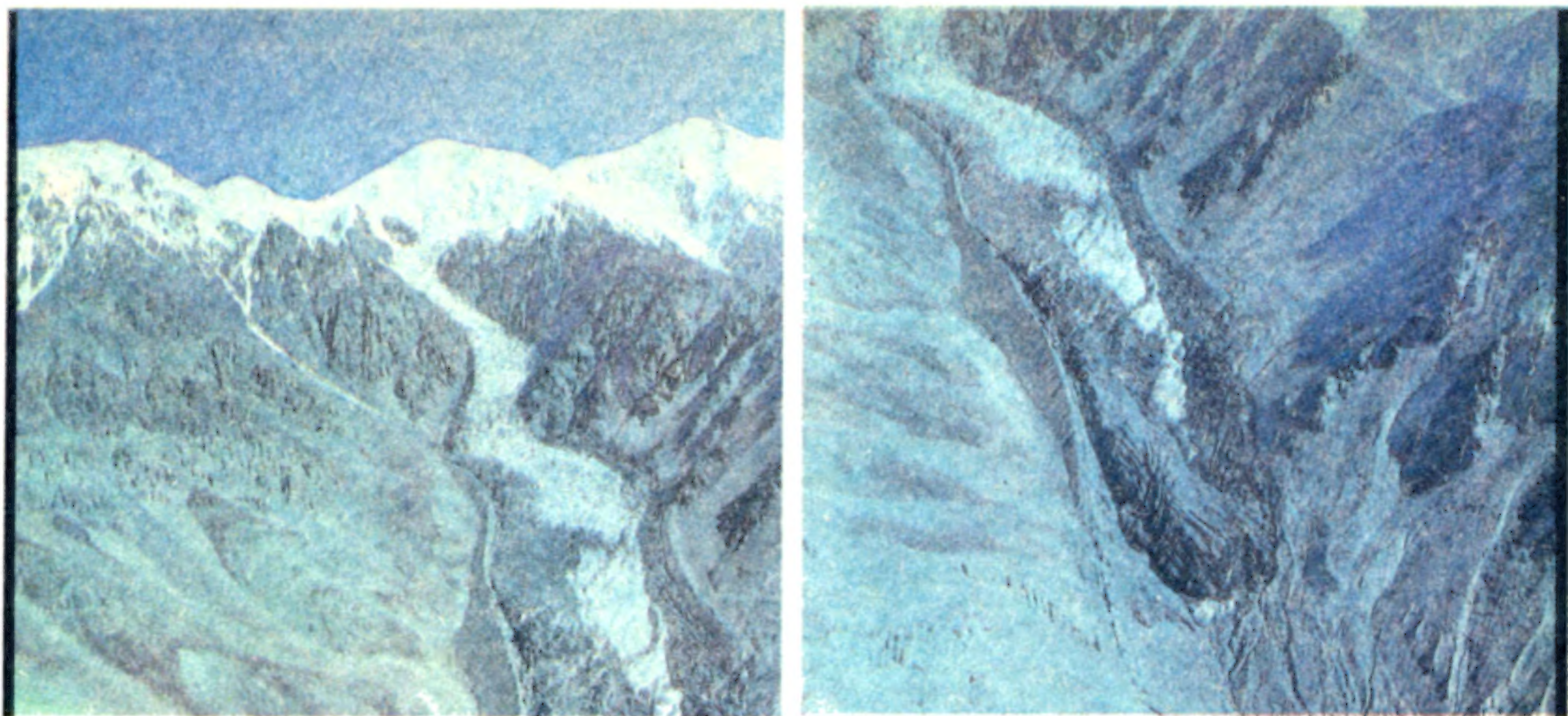
Подвижка ледника Медвежьего стала толчком к изучению пульсирующих ледников нашей страны. Специальная экспедиция, начиная с 1963 г., вела на леднике всесторонние наблюдения, которые легли в основу прогно-

за следующей подвижки ледника. Прогноз базировался на детальных измерениях на протяжении ряда лет скорости движения, баланса массы и изменений высоты поверхности в разных частях ледника. Выяснилось, что очередная подвижка ледника начинается, когда восстанавливается его форма после предшествующей подвижки и когда конец ледника начинает двигаться с повышенной скоростью. По данным стереофотограмметрической съемки удалось предсказать время и масштаб следующей подвижки, действительно произошедшей летом 1973 г., — оправдался первый в мире научный прогноз ледникового бедствия.

Весной 1973 г. ледник Медвежий снова начал наступать: за два месяца он удлинил свой язык на 1,8 км, перекрыв следы своей подвижки десятилетней давности. Вновь была подпружена долина реки Абдукагор, два-ж-

Исследования этих ледников в 60—70-х гг. — особенно работы на леднике Медвежем — принесли первые научные сведения об их строении и природе. Выяснилось, что при неизменности внешних условий пульсации на одном и том же леднике повторяются примерно через равные промежутки времени. На разных же ледниках даже в сходных географических условиях их периодичность может быть различной — от нескольких лет до столетия. Ледник Медвежий, например, пульсирует каждые 10—14 лет (по косвенным сведениям и сообщениям местных жителей, ледник наступал в 1937 и 1951 гг.), ледник Колка — примерно через 65—70 лет (1835, 1902, 1970 гг.).

Время от одной из подвижек пульсирующего ледника до следующей называют **периодом пульсации**. Он состоит из двух стадий — **подвижки и восстановления**. Во время подвижки разряжаются напряжения, накопив-



Один из ледников (№ 255) на южном склоне Заалайского хребта (Памир). Слева — верхняя часть ледника, справа — охваченный пульсацией язык. Снимок сделан в начале подвижки, когда ледниковый язык еще не достиг уровня береговых морен ледника

Фото Л. В. Десинова

шиеся на леднике, он расстрескивается, скорости движения резко увеличиваются. В результате, массы льда из верховий начинают быстро перемещаться в среднюю зону и низовья. При этом изменяется уровень ледниковой поверхности: в верховьях пульсирующей части она понижается, в средней и нижней — повышается, а конец ледника продвигается вперед.

Подвижка завершилась, и наступает стадия восстановления — в верховьях пульсирующей части начинают накапливаться массы льда, и постепенно продвигается вниз лоб активизирующейся части ледника.

В стадии подвижки пульсирующая часть ледника делится на две зоны — **оттока**

и выноса. Две зоны образуются и в стадии восстановления — **активизации и деградации**. В них происходят противоположные изменения: в первой лед накапливается и увеличиваются скорости движения, во второй, лишенной подтока из области питания, лед стаивает и разрушается. Эти зоны разделяет **фронт активизации**, постепенно продвигающийся вниз по леднику. По его положению и скорости перемещения можно прогнозировать время начала очередной подвижки.

ПОЧЕМУ ОНИ ПУЛЬСИРУЮТ?

Общая причина ледниковых подвижек — накопление льда в таких условиях, когда расход его затруднен узостью долины, моренным покровом и т. п. В результате возникают **факторы неустойчивости**, вызывающие сток льда: образуются большие сколы, в процессе внутреннего таяния лед разогревается с выделением воды, появляется водная и водно-глинистая смазка на ложе и сколах ледника. Однако прямых наблюдений за тем, как изменяется механизм движе-

ния в самом начале подвижки, пока нет, так что причины ледниковых пульсаций до конца не выяснены.

В начале нашего века причиной пульсаций считали **землетрясения**. Эта гипотеза возникла после серии подземных толчков на Аляске в сентябре 1899 г., приведших к массовому сходу лавин в областях питания ледников. (Ради справедливости стоит заметить, что ледниковые подвижки были известны на Аляске и до 1899 г.)

Случай проверить эту гипотезу представился в 1964 г. 27 марта на Аляске зарегистрировали землетрясение силой в 8,4—8,6 баллов с эпицентром в ледниковой зоне. На языки и в область питания многих ледников сошли огромные снежные лавины. Языки оказались разбиты трещинами, глыбы льда на ледопадах сдвинулись, от плавучих ледниковых языков кое-где откололись айсберги. Но уже через несколько недель ледники пришли к нормальному режиму, ни одной подвижки после землетрясения не было отмечено.

В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих механизм пульсаций.

Движение ледника резко ускоряется либо за счет увеличения движущих сил, либо, что более вероятно, за счет ослабления сил трения внутри ледника и на его ложе. Впрочем, оба процесса связаны между собой. Скорость течения льда сильно возрастает при преодолении предельной нагрузки, возникающей в результате многолетнего накопления снега в области питания.

Подвижки ледников происходят, как правило, когда накапливается слой снега толщиной 25—50 м. В этом случае превышает критическая мощность ледника, и он начинает быстро скользить вниз. Ускоряет же скольжение ледника по ложу образующаяся на нем **пленка жидкой воды**. Обычно сопротивление движению льда оказывают мелкие — порядка нескольких сантиметров — препятствия на дне. Но, когда на ложе появляется водяная пленка, равная по толщине размерам этих препятствий, движение ледника ускоряется.

Ускоряют движения льда и появляющиеся между льдом и ложем **пустоты**, заполненные водой, которая находится там под большим давлением. Лед перемещается над выступами и неровностями ложа благодаря таянию и повторному замерзанию талой воды, пластическим деформациям и образованию над выступами ложа пустот в теле ледника.

Но и те ледники, у которых в стадии покоя лед не проскальзывает по ложу и отсутствует водная смазка, также подвержены подвижкам. В этом случае подвижки связаны со спецификой механических свойств льда в **стадии прогрессивной ползучести**. Для этого необходимы три условия: крутой участок на леднике, где льду легче перейти в стадию прогрессивной ползучести; пологий участок вблизи конца ледника,

чтобы лед не стекал ниже по склону; достаточное поступление льда из области питания на пологий участок в конце ледника. В результате ледник утолщается до некоторой критической величины, а вслед за этим возникают напряжения сдвига, вызывающие прогрессивную ползучесть и нарушающие монолитность льда.

Подвижки пульсирующих ледников объясняются и характером процессов, происходящих на ледниковом ложе. Если обычные колебания ледников связаны с изменениями температурного режима, подледного таяния и стока, то к ледниковым подвижкам приводит **резкое уменьшение сил сухого трения** (они становятся меньше напряжения сдвига благодаря поднятию со дна ледника моренного материала).

Приведенные гипотезы по-разному поясняют пульсации ледников. Не исключено, что в различных условиях могут действовать как отдельные из описанных в гипотезах механизмы, так и их сочетание. Для подтверждения той или иной гипотезы нужны конкретные наблюдения на пульсирующих ледниках во время подвижек. Но таких наблюдений пока очень мало, лишь недавно необходимый комплекс работ удалось выполнить на леднике **Варигейтид** на Аляске, где детальные наблюдения начались в 1973 г. В 1978—81 гг. каждое лето наблюдалось по 4—5 микроподвижек, при которых скорость движения в верхней части ледника за один—два часа возрастала от 0,4 до 3 м/сут. В январе 1982 г. началась подвижка ледника, сопровождавшаяся ростом льдотрясения. Скорость ледника увеличилась в июне 1982 г. до 10 м/сут, затем упала вдвое, чтобы вновь возрасти в октябре 1982 г.

Эта центральная фаза подвижки длилась до середины

июля 1983 г. В верхней части ледника скорости возросли до 15, а в нижней — до 50 м/сут. В результате перемещения льда поверхность ледника в области питания понизилась на 50 м, а на языке возросла на 100 м. Давление воды в скважинах во время подвижки было близко к давлению льда, а нередко и превосходило его. Расход воды из-под ледника заметно увеличивался при снижении скорости ледника. Очевидно, в развитии подвижки ледника Варигейтид играла роль перестройка системы подледного стока.

ПУЛЬСИРУЮЩИЕ ЛЕДНИКИ: ВИД СВЕРХУ

Ускорение движения льда в стадии подвижки деформирует тело ледника и заметно меняет его облик. На этом и основано дешифрирование фотоснимков пульсирующих ледников, сделанных с воздуха или из космоса.

Общие признаки активизации ледников — изменение их очертаний, каплевидная форма языка («лапа»), краевые разломы и дробление льда, множество трещин, нахождение языков на других ледниках и склоны, образование ледниково-подпрудных озер. В кульминационную фазу подвижки конец ледникового языка представляет собой хаотическое нагромождение ледяных блоков.

Все это хорошо видно на фотоснимках. Особенно ценны для изучения эволюции пульсирующих ледников повторные космические снимки в сочетании с аэроснимками и наземными наблюдениями. Первые такие работы выполнены для бассейнов рек Муксу и Обихингоу на Памире, где в 1972—77 гг. наступало много ледников. Использовались космические снимки, полученные во время полетов пилотируемых



Фрагмент южного ледяного поля Патагонии. Многочисленные пульсирующие ледники стекают с него на восток, в озера Аргентины, образуя айсберги. Другие ледники наступают в западном направлении, к Тихому океану и заканчиваются в чилийских фьордах. Самый крупный среди них — ледник О'Хиггинс. Снимок сделан с орбитальной станции «Салют-6»

космических кораблей и орбитальных станций в 1973—78 гг.

В 1977—80 гг. аэровизуальные наблюдения за пульсирующими ледниками были включены в программу работ орбитальной станции «Салют-6». Во время полета космонавты отмечали на Памире деградирующий язык ледника Медвежьего после его подвижки в 1973 г. Они отметили расчленение нижней, продвинувшейся части ледника над рекой Абдукагор, путь движения воды из подпруженного ледниковым языком озера и, нако-

нец, полное исчезновение озера к лету 1978 г.

В конце 1977 г. с борта станции «Салют-6» выполнялись уникальные наблюдения в крупнейшем массиве внеполярного оледенения — на Южном Патагонском ледниковом поле в Южной Америке. Интересные результаты дало изучение ледника О'Хиггинс, стекающего с этого поля на восток к озеру Сан-Мартин.

22 декабря 1977 г. экипаж станции заметил, что спускающаяся в озеро нижняя часть ледникового языка отделена от основного ствола узкой полосой воды. Через несколько дней в ослабленном месте откололось обширное ледниковое поле площадью более 12 км². 30 декабря айсберг отнесло ветром и он резко деформировался, а 1 января 1978 г. — разрушился на сотни обломков. 10 марта на поверхности озера сохранялось лишь несколько небольших ледяных глыб. Космонавтам удалось зафиксировать рождение грандиозного айсберга после подвижки крупного горного ледника и увидеть, как быстро он распался.

Благодаря аэрокосмическим материалам гляциологи США и нашей страны получили возможность составить схемы пульсирующих ледников в горах запада США, на Аляске, в Центральном Каракоруме и на Памире.

Информация

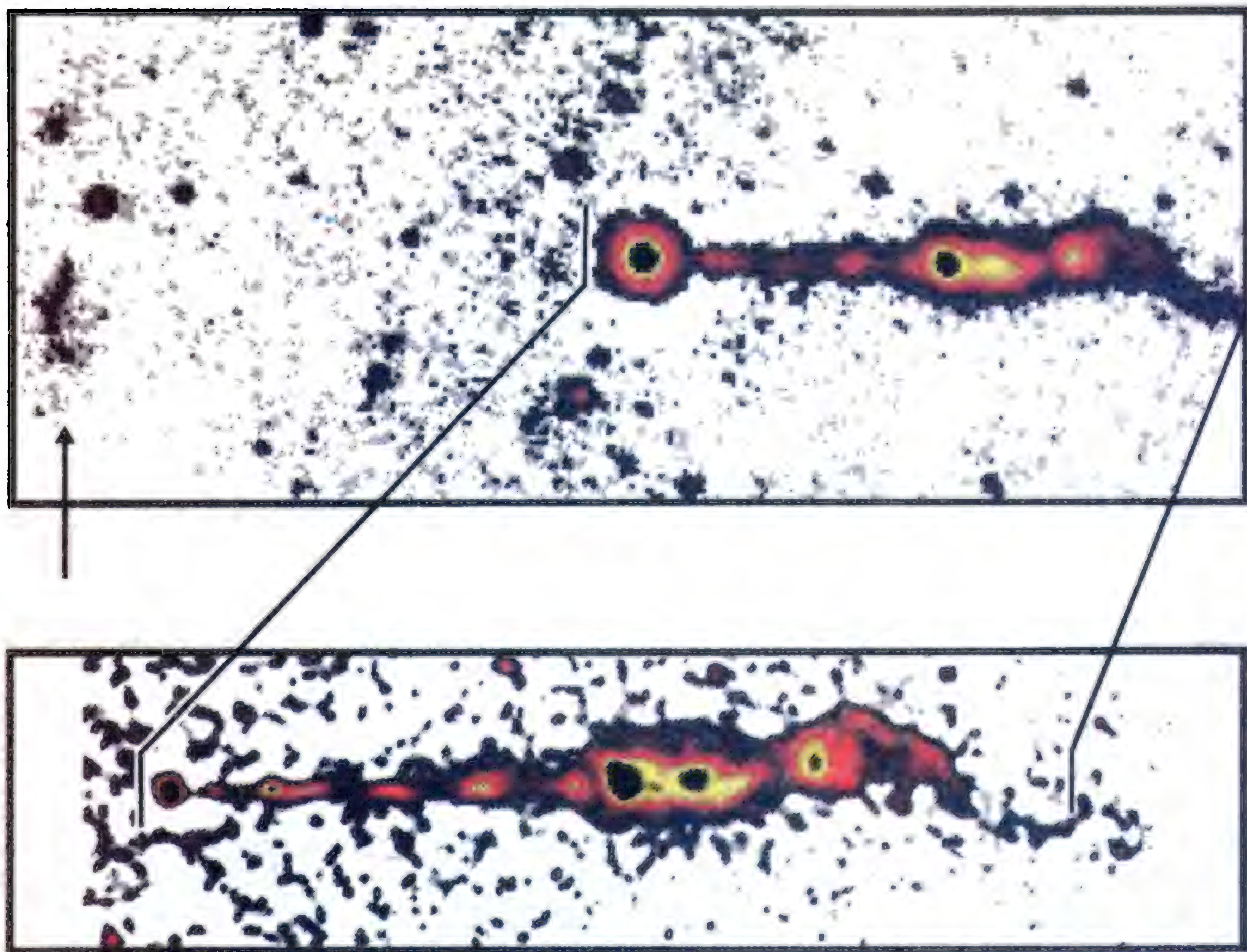
Выбросы у галактики М 87

М 87 — ярчайшая галактика известного скопления галактик в созвездии Девы — расположена

на расстоянии 50 млн св. лет. Еще в 1918 г. у этой гигантской галактики был обнаружен длинный тонкий радиальный выброс (или джет), тянущийся почти 6 тыс. св. лет на запад. По мнению астрофизиков, этот

выброс говорит об активных процессах, происходящих в ядре галактики, и может быть даже о присутствии там черной дыры.

Галактика М 87 — мощный источник синхротронного радиоизлучения. Исходит оно в основ-



Джеты галактики М 87. Вверху: составное изображение, полученное из снимков в желтых, красных и ближних ИК-лучах. Фон излучения самой галактики устранен с помощью компьютера. Основной джет тянется вправо, конец «противоджета» указан стрелкой. **Внизу:** улучшенное изображение главного джета

ном из джета. Но был выявлен и другой источник радиоизлучения в диаметрально противоположном направлении. Возникло предположение, что к востоку от ядра галактики должен существовать «противоджет». Однако, обнаружить его обычными средствами наблюдения не удалось: мешало яркое излучение самой галактики.

Недавно группа сотрудников Европейской южной обсерватории предприняла специальное исследование этого феномена. Ученые использовали 2,5-метровый реф-

лктор на острове Ла Пальма (Канарские острова). Благодаря отличным атмосферным условиям и прекрасным оптическим качествам телескопа впервые удалось получить оптические изображения «противоджета». Он напоминает дугу и тянется на восток от ядра галактики. Его протяженность — 6 тыс. св. лет. Получение снимков в разных лучах спектра позволило установить, что «противоджет» красноватого цвета и его излучение имеет синхротронную природу. Дополнительные наблюдения в голубых лучах на обсерватории в Ла Силла (Чили) и радионаблюдения, проведенные американским астрономом Дж. Биретта на Национальной радиоастрономической обсерватории в Нью-Мексико (США), окончательно подтвердили этот вывод.

Как удалось установить, «противоджет» имеет форму полого конуса, ось которого направлена от ядра галактики. Конус окружен межзвездной материей, сквозь которую «противоджет»

и пробил себе путь наружу. Электроны высоких энергий, испускаемые ядром галактики, движутся внутри этого конуса без излучения энергии (поэтому соответствующие места в «противоджете» не наблюдаются). Но достигнув поверхности конуса, они вступают во взаимодействие с окружающей его межзвездной материей и сжимают ее, что и приводит к излучению синхротронной природы. Эти области становятся видимыми, их-то и наблюдали европейские и американские астрономы.

Как показали расчеты, если источник электронов прекратит свою активность, дугообразный объект перестанет светиться спустя 1500 лет после прохождения последних энергичных электронов.

ESO Press Release 02/92, 25,
1992

Вода на Луне

Г. А. ЛЕЙКИН,
кандидат физико-математических наук

В XXI веке на Луне, вероятно, будут жить люди (журнал уже писал об этом в № 5 за 1991 г.). Но вот неясно, как там с водой...

В наше сумбурное время думать о воде на Луне? Уж лучше — о прошлогоднем снеге. Все-таки имеет отношение к урожаю. Но, тем не менее, упорно думается о воде на Луне. Причин, видимо, две. Прежде всего, очень хочется чего-либо устойчивого, такого, что хоть на десяток лет осталось неизменным. Пока на Луну в этом отношении, кажется, можно надеяться. Вторая причина, похоже, противоположна первой. Последние годы, и не в последнюю очередь из-за нарастания значимости экологических проблем, получает все большее распространение идея колонизации Луны. Разумеется, речь не о том, чтобы уменьшить за счет такой колонизации население Земли — это бес-



смысленно: «убыль» быстро восполняется, да и жить человеку на Луне не слишком уютно. Но, используя Луну, убрать с Земли экологически вредные производства, по-видимому, можно и даже, поскольку на Луне все начинается «с нуля», возможно удастся организовать дело так, чтобы не нанести ущерба экологии Луны. Конечно,

продукты производства надо будет доставлять на Землю. И здесь возникает проблема, что дешевле: перестроить в экологически безвредную определенную область промышленности на Земле, или производить продукт на Луне и доставлять его на Землю. Важно, что доставлять груз с Земли на Луну гораздо дороже, чем с Луны на Землю. Поэтому очень остро стоит вопрос о лунных ресурсах и, в частности, о воде на Луне, без которой не только колонизация, но и создание скромных форпостов, ставящих перед собой исследовательские и рекогносцировочные цели, невозможно.

ЧТО ГОВОРЯТ НАБЛЮДЕНИЯ

Прямые наблюдения ничего хорошего не говорят. Наблюдения с Земли крайне затруднены большим количеством воды в земной атмосфере. Даже если бы на Луне была атмосфера со значительным содержанием воды, выделить инфракрасные полосы лунной воды на

фоне теллурических полос воды было бы невозможно (конечно, это относится не только к воде, но и к другим соединениям, хорошо представленным в земной атмосфере, таким, например, как кислород и углекислый газ). Однако, когда стали возможны внеатмосферные наблюдения и прямые исследования лунных образцов, оказалось, что исследованные области Луны никаких бесспорных свидетельств наличия воды не дают. Прямые исследования образцов в земных лабораториях показали, что содержание летучих соединений (или просто летучих) в лунных породах в сотни раз меньше, чем в земных. В тех редких случаях, когда в образцах обнаружены гидратированные минералы, исследователи склонны приписать это загрязнению земными минералами или земной водой. Возникает естественный вопрос, почему мы не обнаруживаем воду на Луне? Может быть, ее там нет и никогда не было? Чтобы это выяснить, надо разобраться, откуда берется вода на Земле, например, и действуют ли эти источники на Луне.

ОТКУДА ВОДА НА ЗЕМЛЕ

Считается, что в атмосфере и гидросфере Земли содержится $1,46 \cdot 10^{21}$ г воды. Если же учесть воду, содержащуюся в древних осадочных породах, общее содержание ее во внешних оболочках Земли составит около $1,7 \cdot 10^{21}$ г или, грубо говоря, $0,3 \cdot 10^{-3}$ (т. е. $0,3 \text{ ‰}$) массы Земли. В конечном счете вся вода образовалась из элементов, некогда входивших в состав туманности, из которой по нынешним воззрениям образовалась наша планетная система. Однако, пути, которыми вода попала на Землю, могут быть различными. Так,



например, академик О. Ю. Шмидт, формулируя свою космогоническую гипотезу, предполагал вначале, что вода на Землю попала из ледяного тела, сформировавшегося в богатой летучими, отдаленной от Солнца области туманности, которое случайно залетело в окрестности Земли и «усвоено» ею в ходе аккреции. Если это тело было единственным, оно должно было иметь радиус около 10^{13} км (т. е. примерно вдвое меньше радиуса Луны). Самый крупный из известных астероидов — Церера — имеет массу порядка 10^{24} г и, если бы он был ледяным, то вполне мог бы обеспечить водой внешние оболочки Земли. Но его радиус 380 км и, следовательно, его плотность слишком велика для ледяного тела. Скорее всего, вода на Земле образовалась из первоначального материала туманностей, частично на стадии аккумуляции планетезималей, а частично образуется и сейчас, в процессе эволюции самой Земли. Известно, что среднее содержание воды в земной магме около 4 %, в изверженных

Художник Ю. Тимофеев

породах порядка 1 %, в земных плато-базальтах $\sim 2 \%$, а в вулканических газах на долю воды приходится более 50 % массы. Таким образом, земная вода имеет, по-видимому, в основном ювенильное происхождение.

КАК ОБСТОИТ ДЕЛО НА ЛУНЕ?

Проблема поисков источников воды на Луне имеет многолетнюю историю. Обычно рассматриваются четыре источника воды: восстановление окислов железа в лунных породах водородом (протонами) солнечного ветра; выпадение на Луну метеоритного вещества, содержащего летучие; столкновение с Луной кометных ядер, активных и потухших; выделение H_2O из лунных недр.

Удивительно, но даже достаточно грубые, в силу многих неясностей, оценки показывают, что каждый из этих четырех механизмов

способен за время порядка 10^9 лет поставить 10^{17} — 10^{16} г воды, что немного, и даже если бы вся вода сохранилась, Луна была бы достаточно сухим местом. Однако главная трудность связана с тем, что Луна, точнее ее поверхностный слой, очень легко теряет воду. Это связано с двумя обстоятельствами: во-первых, на Луне практически отсутствует атмосфера и поэтому ее поверхность непосредственно облучается солнечным ультрафиолетом, вызывающим диссоциацию молекул воды; во-вторых, поверхность Луны в полдень имеет температуру, близкую к 400°K , заведомо превышающую температуру, необходимую для обеспечения убегания водорода в космическое пространство. Процесс, вообще говоря, протекает так: уже при температуре поверхности порядка 200°K молекула воды, находящаяся на поверхности, приобретает энергию, в среднем достаточную для того, чтобы совершить «прыжок» в гравитационном поле Луны на расстояние порядка 100 км за время ~ 300 с. Эти прыжки случайны и, чтобы переместиться на расстояние, соизмеримое с диаметром Луны (т. е. попасть на ночную, неосвещенную сторону Луны), молекуле надо затратить примерно сутки. Но характерное время жизни молекулы воды в поле ультрафиолетового излучения Солнца в окрестностях Луны тоже порядка суток. Таким образом разрушаются молекулы, расположенные на поверхности.

Но Луна существует в условиях постоянной метеоритной бомбардировки, интенсивность которой такова, что за время порядка миллиарда лет радикально перерабатывается поверхностный слой толщиной 1—2 м (это стохастический процесс и средняя толщина перера-

батываемого слоя, если принять ряд упрощающих предположений, пропорциональна корню квадратному из времени переработки). Таким образом, следует ожидать, что на освещаемой Солнцем поверхности Луны в слое толщиной порядка 2 м вода отсутствует.

ХОЛОДНЫЕ ЛОВУШКИ

Из сказанного выше следует, что, если бы на Луне были области, никогда не освещаемые Солнцем, температура поверхности которых достаточно низка, было бы небезнадежно пытаться обнаружить там воду. Это предположение давно и активно обсуждается. Площадь таких приполярных постоянно затененных областей оценивается в 10^{-3} площади поверхности Луны, т. е. около $35 \cdot 10^3 \text{ км}^2$. Однако здесь надо учитывать, что эти области, защищенные от прямого солнечного света, подвергаются воздействию потоков ионов спокойного солнечного ветра, солнечных вспышек и хвоста земной магнитосферы. Эти потоки приводят, в частности, к распылению поверхностного слоя, т. е. если это лед — к распылению льда. Против отложения льда работает и еще один механизм — образование кратеров при метеоритной бомбардировке.

Его роль двойная: с одной стороны, образование кратера сопровождается при скорости соударения порядка 20 км/с испарением, плавлением и нагреванием вещества (считается, что существенному нагреванию подвергается масса вещества примерно в 20 раз превышающая массу кратерообразующего метеорита), с другой — образование кратера приводит к перемешиванию вещества, поскольку выбросы перекрывают поверхностный слой в окрестностях кратера, защищая ледяные отложения на поверхности

от распыления корпускулами.

Важно еще одно обстоятельство. Если вследствие приливного трения Луна постепенно отодвигается от Земли, то, как показывают небесно-механические расчеты, когда она была на расстоянии меньше 40 радиусов Земли, наклонение оси вращения Луны существенно превышало 30° и, следовательно, постоянно затененных областей на Луне не было. С того момента прошло около 2 млрд лет. За это время холодные ловушки могли накопить по очень грубой оценке 10^{15} — 10^{14} г H_2O . Если считать, что эта вода содержится в двухметровом слое реголита, то в постоянно затененных областях Луны в приповерхностных слоях может содержаться до нескольких килограммов воды в 1 м^3 породы. Конечно, эту оценку нужно рассматривать как сильно ориентировочную.

Поскольку основным современным источником воды, откладывающейся в холодных ловушках, по-видимому, является падение на Луну активных и потерявших активность ядер комет, возможно, имеет смысл организовать службу обнаружения временной лунной атмосферы. Вероятность такого обнаружения невелика: за последний миллиард лет на Луне образовалось всего около десятка кратеров диаметром больше 20 км, связанных с выпадением активных кометных ядер, из которых около трети должны были принадлежать короткопериодическим кометам. Это существенно: средняя скорость соударения долгопериодических комет превышает 30 км/с, а короткопериодических — около 20 км/с, и в последнем случае шансы сохранения летучих в окрестностях Луны значительно больше. Предполагается, что много

«потухших» ядер комет среди астероидов группы Аполлона, которые ответственны за образование примерно 90 % лунных кратеров. Насколько мне известно, оценить поток «потухших» ядер, падающих на Луну, пока не удалось. Тем интереснее организовать мониторинг таких явлений, но это задача для долгоживущих лунных спутников или лунных баз.

ЛАВОВЫЕ ТРУБЫ

Среди различных морфологических образований на Луне давно известны и широко распространены извилистые борозды или рили. Эти образования располагаются в лунных морях и на их окраинах и представляют собой довольно узкие (до 1—2 км и менее) и длинные (до сотен километров) желоба. Скорее всего это обрушившиеся лавовые трубы. Образование таких труб, весьма распространенных на Земле, связано с тем, что вязкость базальтовых лав сравнительно низка, но сильно зависит от температуры. Поверхность лавовых потоков быстро покрывается коркой, имеющей низкую теплопроводность, под которой лава сохраняет свою текучесть. Если уклон подстилающей поверхности достаточно велик, а объем лавы, выброшенной во время одного извержения, ограничен, то под застывшей коркой образуется полость нередко значительных размеров. Кровля трубы по различным причинам может обрушиться, и тогда обнаруживается борозда или желоб, повторяющие путь лавы.

Известно, что породы лунных морей представляют собой базальтовые лавы, а заполнение морей было многоэтапным. Извилистые борозды на Луне часто кажутся состоящими из отдельных сегментов, они как бы прерываются, а затем возни-

кают вновь. Скорее всего, кажущееся прерывание — участки необрушенной кровли лавовых труб (в лунных условиях обрушение должно вызываться, главным образом, метеоритными ударами). Возможно, что иногда метеориты пробивают кровлю, но не обрушивают ее. Именно в таких случаях должны образоваться димпл-кратеры (форма их напоминает пустую воронку), а также и некоторые кратерные цепочки. Они могут возникать из-за того, что размеры кратера зависят от структуры мишени и кратеры могут быть систематически больше над лавовыми трубами. Если учесть, что суточное изменение температуры на поверхности Луны практически не ощущается на глубине в несколько дециметров, необрушенные участки лавовых труб могут служить ловушками летучих не худшими, чем приполярные области. Правда, в этом случае, геометрия ловушки такова, что в основном, будут улавливаться летучие, содержащиеся в продуктах извержений. Как уже говорилось, в земных условиях они могут составлять сотые доли массы всех продуктов извержения. Лунные базальты практиче-

Лавовая труба в пустыне Виктория (Австралия)

ски не отличаются от земных, а поры и пузырьки в них, равно как и избыточное (по сравнению с K^{40}) содержание Ar^{40} в атмосфере и грунте Луны, убедительно свидетельствуют о присутствии летучих в свежих лунных лавах, не подвергшихся ударной переработке.

Если принять, что содержание летучих в лунной магме такое же как в земной, что диаметр лавовой трубы около 2 м (лавовые трубы такого диаметра часто встречаются на Земле), что лава до застывания успела дегазироваться, а кровля осталась не вскрытой, то при объеме застывшей лавы, соизмеримом с объемом полости лавовой трубы и коэффициенте дегазации, равном 0,1 на одном квадратном метре поверхности полости трубы может конденсироваться до 1 кг летучих или до 0,5 кг воды. Интересно было бы исследовать на содержание летучих лунные базальтовые образцы, не подвергшиеся ударной переработке и взятые не только из необрушен-



ных сегментов лавовых труб. Поскольку необрушенные участки труб существуют, можно надеяться, что существуют и такие образцы. И хотя, как следует из изложенного, вода на Луне должна быть, обнаружить ее до настоящего времени пока не удалось.

ТАК ЛИ ВСЕ ПЛОХО?

До середины 70-х гг. все считали, что не существует прямых доказательств присутствия на Луне летучих в сколько-нибудь существенных количествах. Но когда в земных лабораториях начались исследования образцов лунного грунта, доставленных экспедициями программы «Аполлон», такие доказательства появились. Исследования образцов тонкой фракции грунта показали, что в них содержится значительное количество водорода: от ~ 25 до ~ 60 мкг на 1 г массы образца (исследовались фракции с поперечником частиц меньше 1000 мкм). При этом до 80 % водорода содержится во фракции с поперечником частиц меньше 45 мкм. В среднем содержание водорода в зрелом (т. е. хорошо переработанном метеоритной бомбардировкой лунном грунте) составляет 50 мкг на 1 г массы образца. Исследование образцов из двух скважин, пробуренных на Луне, показало, что это справедливо во всяком случае до глубины ~ 1 м. Если рассчитать, какое количество воды можно получить из этого водорода, то окажется, что в 1 м грунта содержится количество водорода, эквивалентное 1 кг воды.

Кислород на Луне есть. Он входит в состав всех породообразующих минералов и, если, как это предполагается, железо будет получать из оливина, кислород будет побочным про-

дуктом. Значит, если, паче чаяния, воды на Луне не окажется, ее можно будет сделать!

Удивительное дело. Каждый раз, когда можно надеяться найти на Луне воду, оказывается, что ее содержание должно быть близко к 1 литру в 1 кубическом метре породы, а когда ее наконец обнаружили (правда, в виде водорода, и не там, где искали), оказалось, что так оно и есть.

Казалось бы, открытие на Луне водорода противоречит всему, что говорилось выше. Действительно, все считали (и продолжают считать): воды на поверхности Луны нет потому, что в процессе метеоритной бомбардировки, когда солнечные лучи нагревают все новые и новые частицы грунта, вода испаряется, фотодиссоциирует и, в конце концов, рассеивается в межпланетном пространстве. А тут в тонкой фракции лунного грунта, которая многократно подвергалась метеоритной бомбардировке и, следовательно, достаточно долго находилась на поверхности, обнаруживается даже не вода, а водород, масса частиц которого настолько мала, что он заведомо должен был диссипировать.



Аэроснимок лавового поля в Калифорнии (США). Темные пятна (указаны стрелкой) — обрушения около 30 м

ОТКУДА ВЗЯЛСЯ ВОДОРОД?

Обнаружилось еще одно обстоятельство: водород выделялся из частиц при нагревании до температуры, превышающей 700 К. Иными словами, он довольно прочно связан с грунтом. Это естественно, так как в противном случае он был бы потерян при многократном нагревании солнечным излучением. Гипотеза о том, что работают некие силы, удерживающие на частицах поверхностную водородную или водородосодержащую пленку, не проходит. Такая пленка должна иметь толщину порядка сотни мономолекулярных слоев, что слишком много. Остается предположить, что водород внедрен в зерна грунта. Это вполне возможно, если зерна грунта облучаются потоком атомов водорода (или ионов) большой энергии. Та-

кие частицы могут проникать вглубь вещества, причем тем глубже, чем больше энергия частиц, но при этом суммарный поток поглощаемой энергии не должен быть слишком большим, иначе поверхностные слои частиц будут попросту испаряться.

Источниками таких частиц могут служить спокойный солнечный ветер, вспышечные корпускулярные потоки (солнечные космические лучи) и галактические космические лучи. Определенную роль могут также играть выбросы частиц высокой энергии, возникающие в хвосте земной магнитосферы при магнитосферных суббурях. Однако, в этом случае картина достаточно сложна, химический состав выбрасываемого вещества изучен плохо и оценка реального влияния этих выбросов затруднительна.

Потоки солнечных корпускул и галактические космические лучи имеют химический состав, практически не отличающийся от химического состава Солнца. Они представляют собой почти чистый водород с примесью ~6 % атомов гелия. Содержание остальных элементов не превосходит миллионных долей числа атомов водорода (наибольшее для кислорода — $0,690 \text{ млн}^{-1}$ и углерода — $0,420 \text{ млн}^{-1}$). Весь водород в этих потоках ионизован и потоки электрически нейтральны. Средняя энергия протона спокойного солнечного ветра в окрестностях Земли $\sim 10^3$ эВ (наблюдаются протоны со скоростями порядка 300 км/с и 600—700 км/с) при средней плотности потока ~ 5 протонов/см³. Энергия протона солнечных космических лучей в среднем $\sim 10^6$ эВ, их потоки связаны с протонными солнечными вспышками и наблюдаются как кратковременные (продолжительностью до нескольких десятков часов) явления, во время которых поток прото-

нов может в тысячи раз превышать поток галактических космических лучей. За период с февраля 1942 по февраль 1982 г. на Земле наблюдалось 34 события, причем в большинстве случаев они приходились на периоды роста или спада активности солнечного цикла. Вдали от Земли такие явления, нередко с меньшей энергией протонов, регистрируются чаще, поскольку земное магнитное поле существенно влияет на движение протонов этого диапазона энергии.

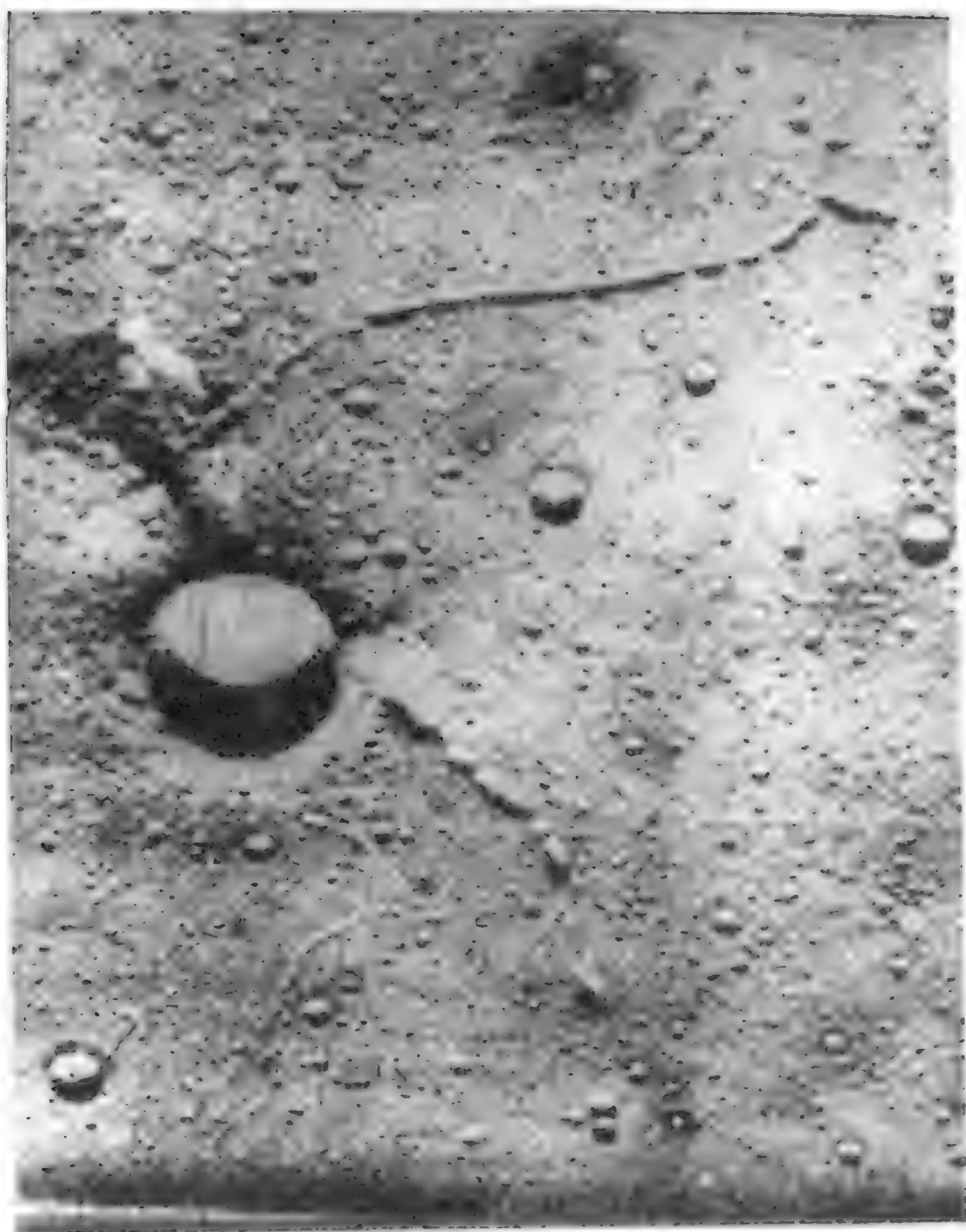
Наконец, галактические космические лучи при средней энергии 10^9 эВ создают поток 1 частица/см²с.

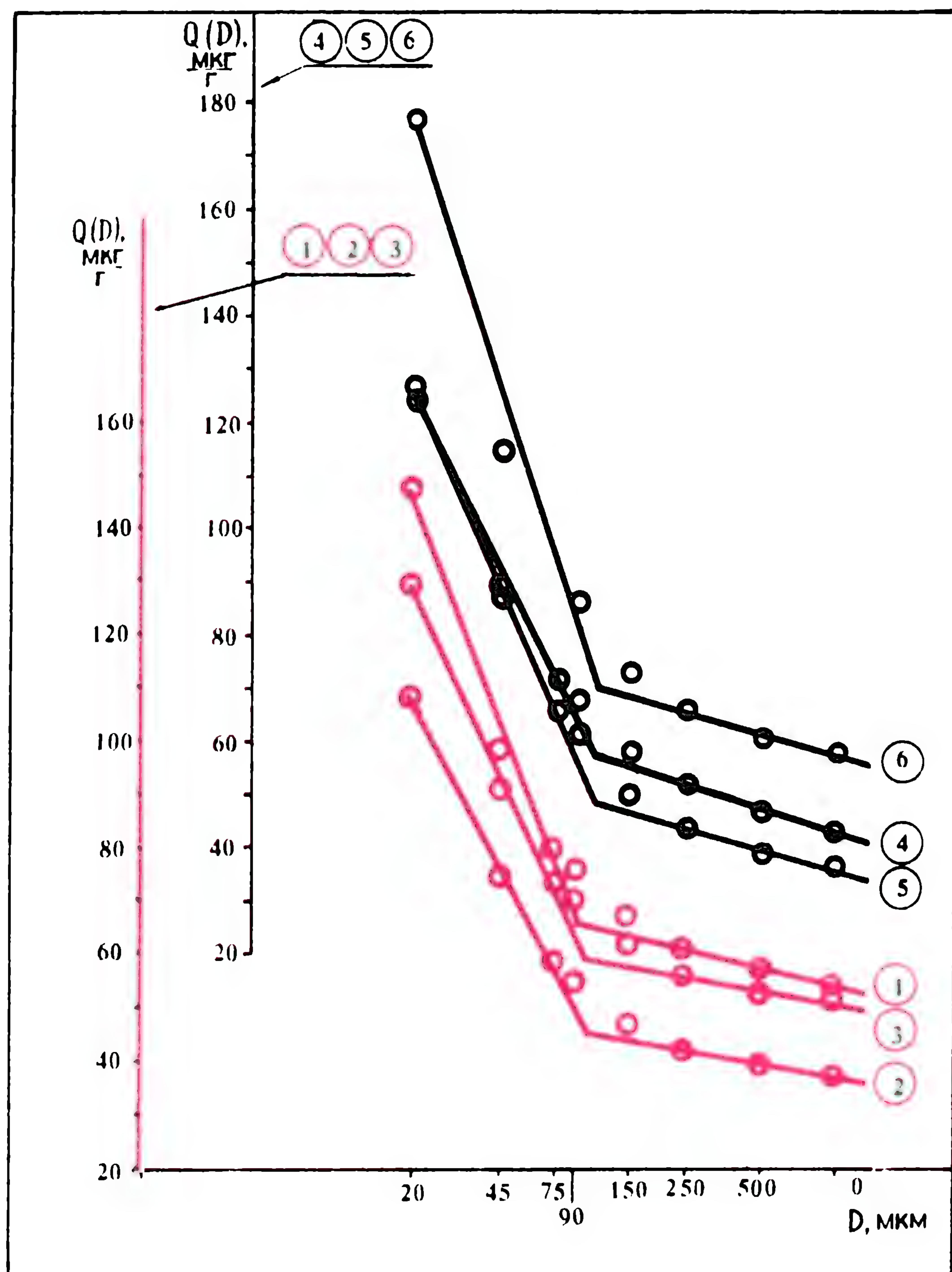
Следует иметь в виду, что здесь приведены средние характеристики частиц, в действительности, особенно в первых двух случаях, их характеристики меняются со временем и во всех случаях

Область вулканического плато Холмы Мэрия в Океане Бурь на Луне. Предполагается, что борозды, изображенные на снимке, представляют собой обрушившиеся лавовые трубы. На отдельных участках видны перемычки — необрушившиеся участки кровли труб. Снимок получен КА «Лунар Орбитер-5»

диапазон энергий весьма широк.

Как уже говорилось, глубина проникновения протонов высокой энергии в вещество зависит от энергии протона. Если бы частицы грунта облучались протонами, имеющими одну и ту же энергию, то предполагая, что частицы грунта достаточно долго пробыли на поверхности и многократно переворачивались, и исследуя содержание водорода в частицах разного диаметра, мы увидели бы, что для малых





стоять из отрезков прямых, а места сочленений этих отрезков будут характеризовать длину свободного пробега протонов данной энергетической группы в веществе частицы. Проведенный анализ показал, что имеющиеся данные представляются графиком с двумя отрезками прямых, с точкой их сочленения, соответствующей поперечнику частиц порядка 90 мкм, т. е. длине свободного пробега протона порядка 50 мкм. К сожалению, в исходных образцах грунта не выделены фракции с размером частиц ~ 1 мкм, что соответствовало бы длине свободного пробега протонов спокойного солнечного ветра. С другой стороны, длина свободного пробега протонов галактических космических лучей существенно больше 10^3 мкм (протон с энергией 10^9 эВ способен пройти через преграду, поверхностная плотность которой ~ 70 г/см², т. е. в силикатных породах длина его свободного пробега порядка 20 см). Частицы, поперечником более 10^3 мкм, в анализируемых образцах отсутствуют. Вероятно, «излом» соответствует переходу от солнечных космических лучей к галактическим.

Содержание водорода $Q[R]$ в мкг в 1 г фракции лунного образца с поперечником частиц меньше D для шести образцов (из работы Г. А. Лейкина, А. Н. Сановича и В. В. Шевченко «О водороде в лунном реголите». Тезисы докладов 13-ой советско-американской рабочей встречи по планетологии. М.: 1991)

по составу и строению). С ростом размеров частиц содержание водорода начинает убывать, поскольку в глубине частицы располагается область, недостижимая для протонов данной энергии. В нашем случае, если представление о природе водорода в лунном грунте верно, происходит облучение протонами, принадлежащими по крайней мере к трем различным энергетическим группам, причем, и это весьма важно, интенсивность потока с ростом энергии протонов убывает. В таких условиях можно ожидать, что график «поперечник частицы — содержание водорода», построенный в логарифмическом масштабе, будет со-

частиц, поперечник которых меньше длины свободного пробега протонов данной энергии в веществе частицы, содержание водорода пропорционально объему (или массе) частицы (конечно, если все частицы одинаковы

По приведенным выше данным нетрудно рассчитать, что за 10^9 лет (таков по порядку величины возраст молодых лунных морей) на 1 см² поверхности Луны в виде корпускулярного излучения Солнца попадет около 10 г водорода. Поскольку за это время перемешивается и превращается в тонкую фракцию грунта слой толщиной порядка 2 м, следовало бы ожидать, что на 1 г тонкой фракции приходится ~ 2 мг водорода. В действительности, концентрация водорода составляет 50 мкг/г, т. е. примерно в 40 раз меньше, чем если бы поглощался весь водород корпускулярных потоков.

Это, по-видимому, связано с тем, что при взаимодействии корпускулярных потоков с частицами грунта происходит «зачистка» поверхности частиц, процесс, аналогичный катодному распылению, и лишь малая часть протонов «пропитывает» вещество частицы.

Не следует думать, что верхние два метра у поверхности Луны представляют собой равномерно перемешанный слой мелких частиц: перемешивание на лунной поверхности осуществляется переналожением выбросов из кратеров. В результате породы, располагавшиеся в кратерной депрессии, оказываются вынесенными на поверхность вблизи вновь образованного кратера, а породы, лежавшие на поверхности, перекрываются выброшенными из депрессии. Кроме того, определенную роль играют процессы оползания внутренних склонов кратера. Тонкая фракция может быть переслоена грубой и содержать крупные фрагменты пород, однако, согласно оценкам, средняя суммарная толщина слоев тонкой фракции за миллиард лет достигнет 1—2 м.

На лунных материках, возраст которых существенно больше, эквивалентная тол-

щина слоя тонкой фракции может быть раза в два больше. По всей вероятности активность Солнца миллиарды лет назад была выше, поэтому возможно, что и содержание водорода в материковом реголите может оказаться более высоким.

ВЫВОДЫ

Выводы получаются парадоксальными. При практически полном отсутствии прямых наблюдательных доказательств наличия воды на Луне, мы можем сказать, что вода на Луне есть и в количествах, достаточных для того, чтобы обеспечить жизнедеятельность обитаемой лунной базы. В лавовых потоках, не подвергавшихся ударной переработке, как и в холодных ловушках, ее содержание может составлять доли процента массы породы. В приповерхностном слое тонкой фракции грунта, толщиной 1—4 м, содержится количество водорода, эквивалентное содержанию воды порядка 1 л/м³. Однако, в отличие от Земли, где вода легко доступна, в лунных условиях ее придется добывать, как и другие полезные ископаемые. Но это уже другая история.

ЛИТЕРАТУРА

Проблеме существования воды на Луне посвящено много работ. Почти все они, выполненные за последние десятилетия, докладывались на ежегодных лунно-планетных конференциях в Хьюстоне (США). Доклады этих конференций систематически реферируются в издаваемом ВИНТИ реферативном журнале «Исследования космического пространства». Обзор исследований, посвященных созданию лунной базы, составленный В. В. Шевченко и В. И. Чикмачевым «Лунные базы — проект XXI века» опубликован в т. 30 серии «Исследование космического пространства» (ВИНТИ, Итоги науки и техники, Москва, 1989).

Очень интересное, хотя и несколько устаревшее исследование, посвященное проблеме льда на Луне, опубликовано J. R. Arnold (Journal of Geophysical Research т. 84, 1979). Ряд интересных статей о воде и водороде на Луне опубликован в сборнике трудов симпозиума, проведенного в 1984 г. в Лунно-планетном институте в Хьюстоне.

Информация

Ловцы нейтрино выходят на лед

Под руководством астрофизика Д. М. Лоудера в Университете штата Калифорния (США) разработана новая методика регист-

рации нейтрино. Предлагается пробурить в ледниковом покрове Антарктиды множество удаленных друг от друга скважин глубиной в 1000 м и установить в каждой из них фотоумножитель. Он будет фиксировать световые вспышки, возбуждаемые мюонами — частицами, возникающими при взаимодействии нейтрино со льдом. Обширная сеть таких приборов повысит не только вероятность улавливания частиц, но и точность отождествления их космического источника.

Методика была проверена в ходе осуществления пробной фазы проекта «AMANDA» («Антарктическая сеть регистрации мюонов и нейтрино»), когда ряд фотоумножителей разместили на ледниковом покрове Гренландии. Подтвердилось, что такой метод позволяет регистрировать излучение, вызываемое мюонами, проходящими с большими скоростями сквозь полярные льды.

Nature, 26.09.1991
Science News, 1991, 140, 14

Экологические беды Черного моря — действительные и мнимые

М. Е. ВИНОГРАДОВ,

академик

И. И. ВОЛКОВ,

доктор химических наук

Институт океанологии РАН

В. Н. ЕРЕМЕЕВ,

доктор физико-математических наук

директор Морского гидрофизического института АН Украины



Воздействие человека на природную среду становится важнейшим биосферным фактором. Особенно пагубному воздействию подвергаются окраинные и средиземные моря, на берегах которых расположены развитые в хозяйственном отношении страны. Эти бассейны стали своеобразными отстойниками, куда с реч-

ным и подземным стоками поступают загрязнения со всей окружающей водосборной суши. К таким водоемам относится и Черное море, доведенное сейчас до состояния экологического кризиса.

В последние годы появляются публикации, в которых опасная природная ситуация в черноморском бассейне приписывается не общему

чудовищному загрязнению моря, а якобы поднимающемуся из его глубин к поверхности мощному слою сероводородных вод.

Грозит ли в действительности такая опасность Черному морю? На этот вопрос отвечают специалисты-океанологи, много лет отдавшие изучению черноморского бассейна.

Основное влияние на черноморский бассейн оказывают стоки Дуная, Днестра и Днепра. С ними в море поступают ядохимикаты и другие токсичные вещества, вплоть до радионуклидов, пестициды, соли тяжелых металлов, а также удобрения, смытые с полей, и органические вещества, приводящие к «переудобрению» — эвтрофикации водоема. Другая беда — нефтяные загрязнения: в Черное море ежегодно попадает более 10 тыс. т нефти. Нефтяная пленка постоянно покрывает тысячи квадратных километров его поверхности, из-за чего гибнет икра большинства черноморских рыб.

Поистине катастрофическое положение складывается в прибрежных районах. Массово развивающиеся микроскопические организмы (включая патогенные) делают воду непригодной для купания, что приводит к огромному рекреационному урону. Положение с загрязнением в прибрежной зоне России и Украины усугубляется плохим состоянием, а то и полным отсутствием в большинстве крупных городов и населенных пунктов современных канализационных систем с очисткой стоков. В результате, в море локально сбрасываются практически неочищенные промышленные, бытовые и ливневые стоки, что постоянно грозит опасностью кишечных и инфекционных заболеваний на черноморских курортах (например, случаи холеры были в Ростове летом 1990 г.).

Эвтрофикация вод приводит к массовому развитию некормовых (балластных) водорослей. Отмирающие организмы опускаются на дно, и в летнее время на северо-западном мелководье моря у дна возникают заморы (сю-



да проникает мало кислорода), появляется сероводород и начинают тотально гибнуть животные. Мутная вода препятствует проникновению света на глубину, что приводит к угнетению и гибели донных водорослей.

Если не принять срочных мер для сокращения загрязнений и эвтрофикации черноморского бассейна, все эти опасные явления будут катастрофически усиливаться.

ЧЕРНОМОРСКИЙ СЕРОВОДОРОДНЫЙ СЛОЙ

Как известно, специфическая черта глубоководных районов Черного моря — резкое отличие по плотности глубинных соленых вод от поверхностных, распресненных речным стоком. Граница их раздела — **пикноклин** — характеризуется особенно высокими градиентами плотности воды и лежит на глубине от 30 до 150—180 см. Подобно гигантской крышке пикноклин прикрывает всю глубинную воду, затрудняя обмен между нею и поверхностными слоями и препятствуя попаданию кислорода в глубины моря. В результате за счет бактериальных процессов там образуется сероводород. Концентрация его, прав-

Самое синее в мире...

да, относительно невелика: очень малая на глубине 70—170 м, она быстро нарастает и к горизонту 1000 м достигает 10 мг/л. На глубине 2000 м концентрация составляет всего 12—13 мг/л, т. е. сероводорода там гораздо меньше, чем, например, в лечебных мацестинских водах.

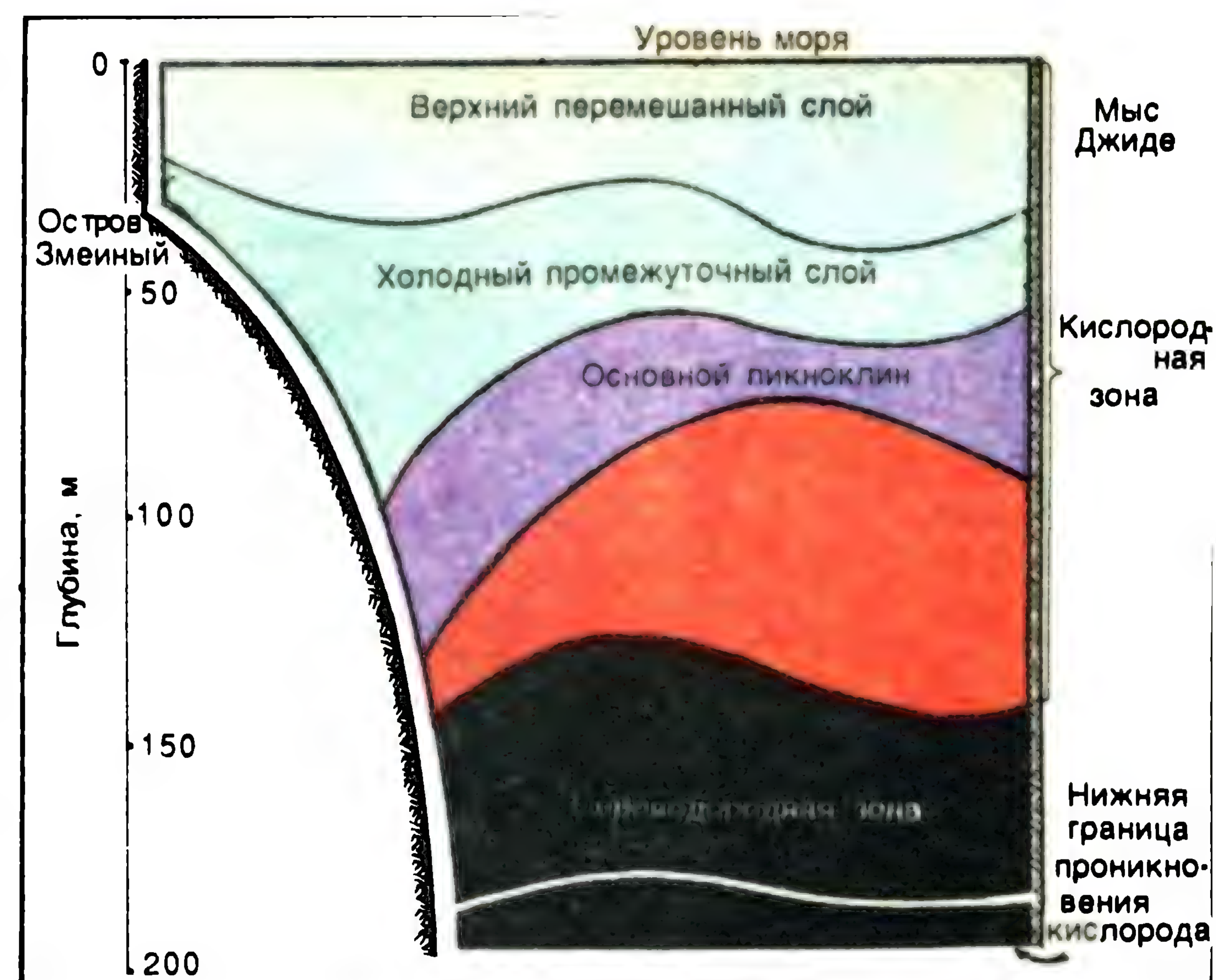
Сероводородные воды занимают около 90 % объема моря, и никакая жизнь в них, кроме бактериальной, невозможна. В громадных циклонических круговоротах, охватывающих западную и восточную части черноморского бассейна, глубинные воды поднимаются и образуют своеобразные купола, на которых слой пикноклина оказывается ближе всего к поверхности воды. Но чтобы его разрушить и пропустить сероводородные воды к поверхности, необходимо существенное осолонение поверхностных вод, чего на самом деле не происходит. В последние десятилетия из-за некоторого увлажнения климата скорее наблюдается распреснение, а не осолонение вод. Так что разрушение пикноклина не грозит Черному морю.

И все же пикноклин не является непроницаемой преградой для поднимающихся из глубины вод, особенно зимой, когда поверхностный слой выхолаживается и делается более плотным. Расчеты показывают, что в это время через пикноклин проходит снизу около 3 тыс. км³ богатых биогенными элементами подпикноклинных (но не сероводородных) вод — по объему это в 10 раз больше стока всех рек, впадающих в Черное море. Очевидно, такой естественный «эвтрофикатор» поверхностных вод существенно превосходит искусственный, выносимый стоком рек с полей. Этот природный процесс «работает» уже около 3000 лет (возраст моря в его современной стадии).

МЕТАМОРФОЗЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ

Казалось бы, особых изменений в глубинных открытых районах моря не следует ожидать. Однако изменения происходят и здесь. Токсичные вещества, попадающие в море, и другие загрязнения сделали свое дело. Если в предвоенные годы популяция дельфинов в море насчитывала 2—2,5 млн голов, то к 60-м годам она стала резко снижаться (что связывали с их интенсивным промыслом) и к 1966 г. достигла 500 тыс. голов. Промысел прекратили все черноморские страны, но это не спасло положения. Число дельфинов в последние годы не превышает 60—100 тыс. голов, причем в стаде множество больных и уродливых животных.

Вместо рыб, резко сокративших свою численность, в море развелись медузы, выедающие около 50—70 % среднесуточной продукции зоопланктона — основного корма для рыб. В 60-х го-



дах их масса в море составляла около 700 тыс. т, а в 1978 г., по подсчетам с подводных аппаратов, снизилась до 300—400 млн т и мало менялась в последующие 10 лет.

Кроме того в последние годы в Черное море с атлантического побережья Америки был завезен, по видимому, с танкерными водами крупный хищник — гребневик мнемнопсис, прозрачный, как медуза, и способный поедать не только зоопланктон, но и сами личинки рыб. Осенью 1988 г. наблюдалась значительная вспышка его развития, он заполнил Черное и Азовское моря, а в 1989 г. масса мнемнопсиса в черноморском бассейне превысила 800 млн т. Пищевая база оставшихся к тому времени промысловых рыб Черного моря — хамсы и шпроты — была окончательно подорвана, и в море воцарился слизистый планктон. Эта некормовая масса составляет 75—80 % и более общей массы зоопланктона, населяющего тонкую — от поверхности до 60—200 м глубины — кислородную зону.

Разрез водной толщи Черного моря по прямой от острова Змеиный до турецкого берега (мыс Джиде)

Научно - исследовательские институты Академий наук России, Украины и других ведомств проводят систематические исследования экосистемы моря. Специалисты, занимающиеся изучением Черного моря, хорошо знают о возникшей там кризисной ситуации. В черноморском бассейне ведут исследования и ученые Болгарии, Румынии, Турции, США. Ясно, что только согласованные международные усилия, прежде всего при черноморских и придунайских странах, могут остановить развитие кризисных процессов в экосистеме Черного моря. Процессов, обусловленных, как мы уже говорили, его загрязнением, перезвтрофикацией, экологически необоснованной хозяйственной деятельностью на берегах.

Однако с лета 1989 г. в газетных публикациях стала появляться односторонняя и, прямо скажем, извращенная

информация об экологической обстановке в черноморском регионе. Главную опасность для моря и для населения, проживающего на его побережье, стали приписывать глубинному сероводороду.

ПРОБЛЕМА «СЕРОВОДОРОДНОЙ БОМБЫ»

Началась «сероводородная истерия» со статьи А. Спиридонова «Когда взорвется Черное море?», напечатанной в «Литературной газете» в 1989 г. В статье утверждалось, что верхняя граница глубинного сероводорода поднимается в Черном море с катастрофической скоростью — 2 м в год — и скоро достигнет поверхности. А это, писал автор, грозит суше гигантскими пожарами и взрывами, словом, бедствием, сравнимым по своим последствиям с чернобыльской катастрофой. Вслед за этой статьей в центральных и местных газетах появилась серия подобного рода публикаций. Кто-то даже подготовил тогдашнему президенту СССР М. С. Горбачеву материал для заявления с трибуны Глобального форума по защите окружающей среды и развитию в целях выживания: «Верхняя граница сероводородного слоя в нем (Черном море) за последние десятилетия поднялась с глубины 200 м до 75 м от поверхности. Еще немного, и через порог Босфора он пойдет в Мраморное, Эгейское и Средиземное моря...» («Правда», 21 января 1990 г.).

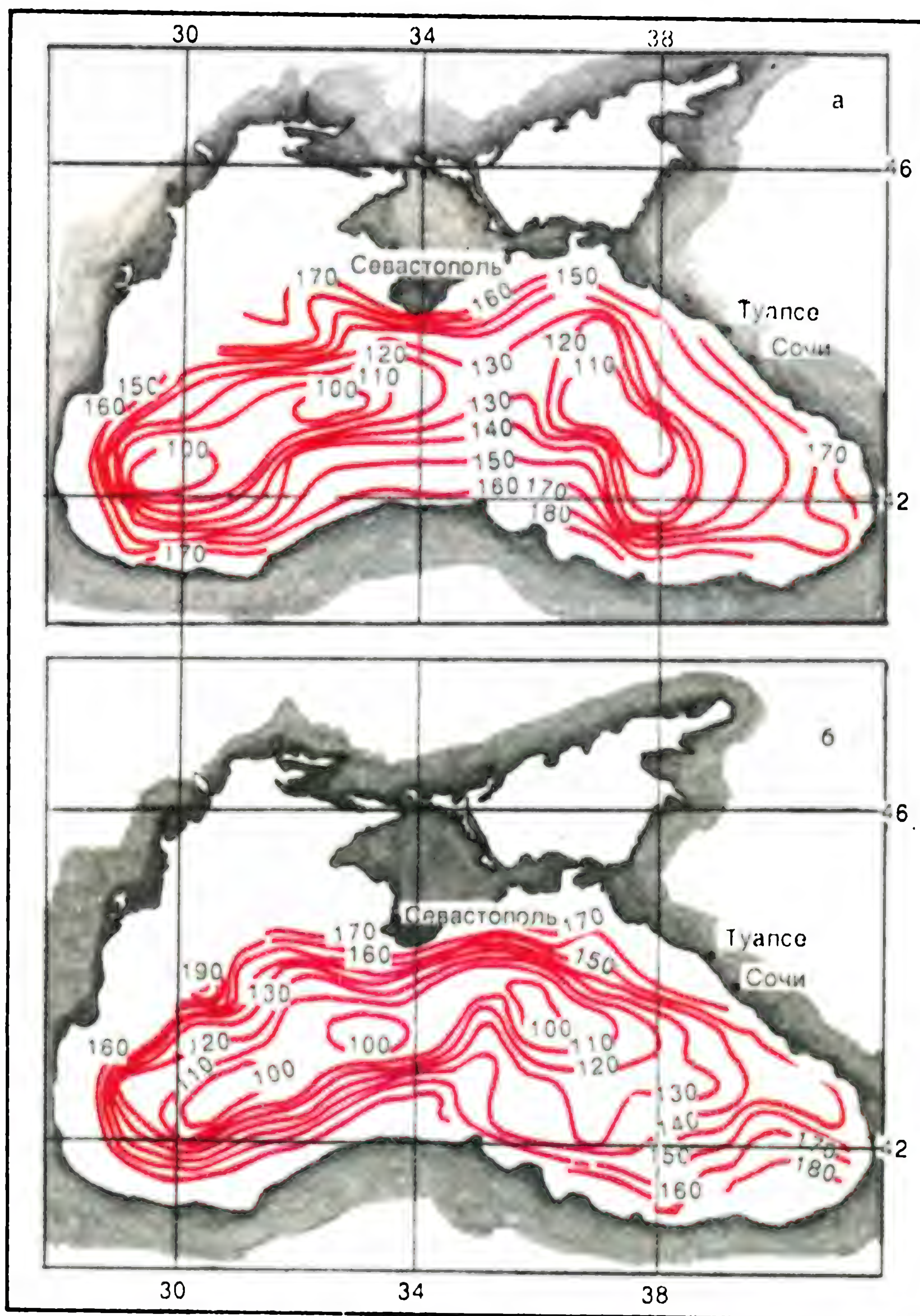
Возникает вопрос: откуда появилась подобная информация и зачем дезинформируют и запугивают население черноморья мифической «сероводородной бомбой»?

В 1985 г. была издана небольшая брошюра, на-

писанная коллективом авторов во главе с Р. Б. Ахмедовым (с грифом «для служебного пользования») под названием «Комплексное использование горючих энергетических и химических ресурсов Черного моря». Ни один из ее авторов проблемой сероводорода в Черном море специально не занимался. В этой брошюре утверждается, хотя не приводится ни одного факта, что средняя скорость подъема границы сероводорода достигла 200 см в год.

В том же году в Государственный комитет СССР по науке и технике (ГКНТ)

Построенная с помощью компьютера карта глубины залегания границы сероводорода в Черном море в 20-е годы (а) и в 80-е годы (б). Видно, что глубина залегания сероводорода существенно не изменилась



поступил проект, разработанный группой профессора Р. Б. Ахмедова, в котором предлагалось спасти черноморский регион, очистив море от сероводорода. К тому же сероводород, как считали авторы проекта, можно использовать для получения

энергии и чистой серы или серной кислоты. Казалось бы, перед нами тот редкий случай, когда экологические мероприятия обещают еще и верную прибыль. Проект Ахмедова в различных вариантах трижды обсуждался в ГКНТ, рассматривался он авторитетными комиссиями и независимыми экспертами. В деле есть отзывы академиков-секретарей отделений АН СССР. Но лукавит Р. Б. Ахмедов, уверяя читателей газеты «Рабочая трибуна» (6 марта 1991 г.), якобы комиссии эти пришли к «единодушному выводу, что проводимые исследования перспективны и их надо продолжать». На комиссиях, действительно, говорилось о необходимости изучать сероводородную проблему в Черном море, но отнюдь не одобрялся проект его «спасения».

В связи с тревожными высказываниями о быстром подъеме верхней границы сероводорода в Морском гидрофизическом институте АН УССР (Севастополь) сделали ревизию всех данных о сероводороде в Черном море за все сто лет наблюдений. В 1988 г. зав. лабораторией химической океанографии института А. А. Безбородов опубликовал результаты этой работы в научной печати. Анализ прошлых многолетних данных, а также систематических измерений последних лет показал: хотя положение верхней границы сероводорода и подтверждено синоптическим, сезонным и межгодовым колебаниям (иногда даже в течение суток она может «гулять» на 20—30 м), нет никаких оснований утверждать, что граница направленно поднимается вверх. Судите сами: в 1925—26 гг. среднее положение сероводородной зоны оценивалось глубиной 140 м (при погрешности определения границы ± 15 м), в 1984—

86 гг.—135 м (при погрешности ± 5 м). Разница глубин — в пределах точности измерений. Из сказанного следует, что граница сероводорода не поднимается и Черное море, следовательно, не нуждается в спасении от сероводородного заражения. Сероводородный слой моря существует тысячи лет и ничему не угрожает — это неотъемлемое свойство данного природного бассейна, так его и нужно воспринимать.

Что же касается технологической, технической и опять же экологической стороны проекта, то при обсуждении последнего его варианта в ГКНТ в марте 1990 г. постановили следующее. Проект научно не обоснован, поскольку авторы совершенно не представляют себе действительную ситуацию с сероводородом в водоеме; проект технологически не состоятелен (концентрация сероводорода на глубине — около 10 мг/л — слишком малая величина, чтобы можно было говорить о практическом его использовании); наконец, отсутствует технико-экономическое обоснование проекта.

ВМЕСТО ЭНЕРГОХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ — ОЧИСТНЫЕ СИСТЕМЫ

В апреле 1990 г. в ГКНТ СССР поступил еще один проект — «Черноморская океантехнология». Это был очередной вариант все той же идеи спасения Черного моря. Предлагалось создать на черноморском побережье серию энергохимических комплексов для извлечения и переработки глубинного сероводорода. Новый проект отличался от предыдущих достаточно подробным описанием технологии и наличием технико-экономических обоснова-

ний. Но, как выяснилось из рассмотрения проекта, электростанцию на сероводороде построить невозможно, даже если бы в глубинных водах было втрое больше сероводорода. И для того, чтобы выкачивать из глубин моря и перекачивать по технологической цепочке сероводородную воду для получения серы или серной кислоты, нужна ТЭС на угле, мазуте, природном газе. Проект предусматривает строительство на кавказском побережье южнее Анапы 10 крупнейших или 20 крупных ТЭС общей мощностью 25 млн кВт. (Хотелось бы, кстати, спросить, а почему нынче гектар земли на курортном побережье?)

По проекту предполагается ежегодно откачивать из глубин моря 2500 км³ сероводородной воды, что составляет семь (!) годовых суммарных стоков всех рек, впадающих в Черное и Азовское моря. Реализация проекта обошлась бы не менее чем в 10 млрд руб. (в ценах 1990 г.), нечего и говорить, что сейчас эту цифру нужно многократно увеличить. Но зато ведь нам обещают колоссальную прибыль — сера, серная кислота, тяжелая вода, марганец и другие ценные металлы, включая редкоземельные, а также азотные и фосфорные удобрения. Но не верьте, читатель! Как утверждала Маргарет Тэтчер, бесплатный сыр бывает только в мышеловке. Ничего из обещанного мы с вами не получим, даже если и потратимся так основательно.

Судите сами. Чтобы извлечь сероводород из черноморской глубинной воды, ее нужно подкислять. Израсходовать серной кислоты при этом придется почти в 8 раз больше, чем можно получить из того же объема воды. Соответственно, чтобы извлечь из чер-

номорской воды аммиак, а из него азотные удобрения, нужно затратить большое количество щелочи. И наконец, колоссальные объемы воды после подкисления и дегазации сероводорода (и углекислоты, которой в полученной смеси будет 95 %) нужно куда-то деть. Авторы проекта предлагают использовать их для марикультуры, а остаток снова закачивать на глубину. Кислая вода — по существу это слабый раствор кислоты — на поверхности убьет все живое, а ее высокая соленость нарушит естественную структуру плотности вод. Закачка такой воды на глубину как раз и может вызвать извержение газооб-

разной углекислоты и сероводорода на поверхность.

Мы не завидуем жителям черноморских курортов, которые вынуждены будут жить по соседству с энергохимическим комплексом. Предлагаем жителям Новороссии представить следующую картину: напротив цементных заводов в районе Малой Земли встает большая ТЭС в комплексе с химическим комбинатом. Если этих комплексов, включающих ТЭС, сернокислотный завод и другие производства большой и малой химии, будет десять или двадцать, нетрудно догадаться, какая судьба уготована курортному побережью «самого синего в мире»...

Вся проблема взрыва, горения и конца света на Черном море из-за глубинного сероводорода от начала до конца выдумана. А потому не полезнее ли будет для черноморского бассейна, если денежные средства, необходимые на сооружение энергохимических комплексов по переработке сероводорода (с коммуникациями, подъездными путями, причалами т. д.), израсходовать на строительство современных канализационных систем? Их хватило бы на несколько крупных городов черноморского побережья. И это была бы настоящая помощь ныне больному Черному морю.

Информация

«Легкие Средиземноморья» в опасности

Неоценима роль морских трав в поддержании жизни под водой. Распространенное в Средиземном море растение посидония (*Posidonia oceanica*) дает пищу и убежище примерно 400 видам водорослей и нескольким тысячам видов рыб и моллюсков. Ее подводные заросли вырабатывают такое количество кислорода, что их справедливо называют «легкими

Средиземноморья» (1 м² морских трав поставляет акватории до 10 л кислорода в сутки).

Однако в последнее время заросли посидонии сокращаются. Особенно это заметно у курортного побережья Коста-Брава на северо-востоке акватории и вблизи Валенсии и Аликанте — к югу. Необработанные бытовые и промышленные отходы, сброшенные в море, способствуют разрастанию планктона. В результате снижается прозрачность воды и посидония гибнет. Губят ее и содержащиеся в стоках токсичные тяжелые металлы, инсектициды и нефтепродукты, траву повреждают траулеры, обдирающие дно якорями, многочисленные яхты и прогулочные суда.

Между тем, морские травы важны и для рыболовства (всего лишь 400 м² акватории, занятой посидонией, поддерживают в течение года жизнь рыб, общая масса которых достигает 2 тыс. т). В зарослях посидонии водятся осьминоги и морские окуни (традиционный продукт питания испанцев). Наконец, морская трава играет существенную роль в предотвращении эрозии берегов.

Французское правительство принимает законодательные меры для защиты посидонии от дальнейшего ущерба. В ближайшее время аналогичные шаги намерены предпринять и власти Испании.

New Scientist, 1992, 132, 1789

Космическая изоляция радиоактивных отходов: «за» и «против»

А. Д. УРСУЛ,
доктор философских наук
Е. П. ЛЕВИТАН,
доктор педагогических наук
В. Н. КОМАРОВ,
журналист

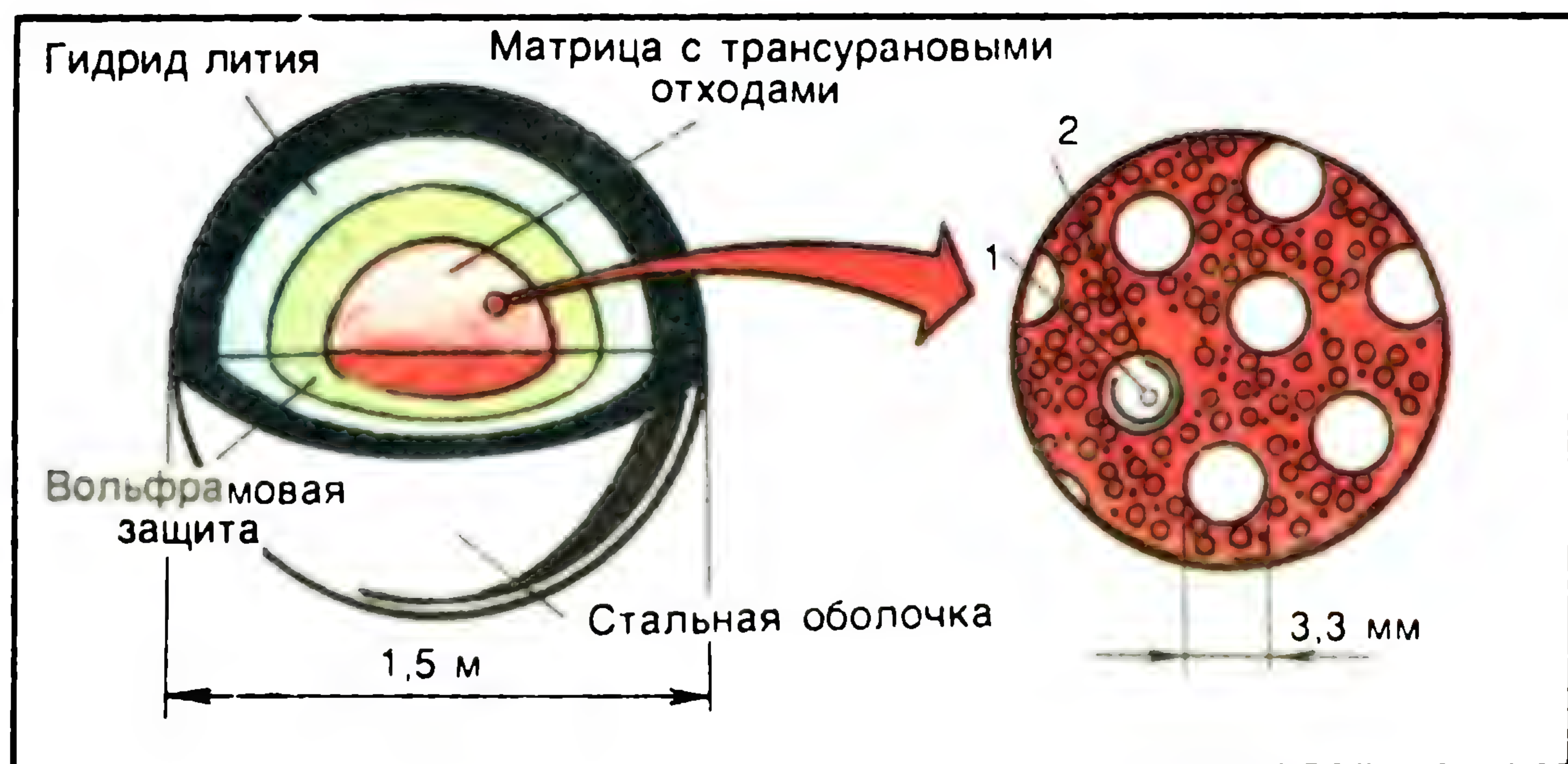


Проблемы экологии Земли и космоса находятся в центре внимания Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (Земля и Вселенная, 1992, № 1, с. 67—68; № 2, с. 45). Одна из разрабатываемых ею комплексных проблем — космическая изоляция радиоактивных отходов. Авторы публикуемой

статьи, представляя гуманитарно-философское направление в работе Академии, делают попытку с философских позиций осмыслить различные социальные и морально-нравственные аспекты разработанных к настоящему времени технических

проектов изоляции радиоактивных отходов. Публикуя эту статью, редакция рассматривает ее как введение в большую тему, которая будет детализирована в последующих публикациях специалистов в области космонавтики, небесной механики, астродинамики, экологии и экономики.

Создание атомного оружия, развитие атомной энергетики, использование технологий с применением радиоактивных материалов, исследовательские работы в области физики, а в последнее время и необходимость уничтожения значительной части накопленных ядерных боеприпасов поставили на повестку дня проблему избавления от радиоактивных отходов. Здесь речь идет о радиоактивных материалах с большими периодами полураспада, сравнимыми с продолжительностью жизни по крайней мере поколения людей.



По официальным данным, объем долгоживущих радиоактивных отходов (РАО) к 2000 г. достигнет в отечественной энергетике 10 т в год, а в мировой будет на порядок больше. Основной источник накопления РАО — атомные электростанции, обеспечивающие 17 % общей выработки электроэнергии на Земле. Сегодня в 26 странах действуют около 430 ядерных энергоблоков, рост их числа и мощности сдерживается опасным накоплением РАО (в хранилищах временного захоронения уже содержится свыше 60 тыс. т РАО). Физическими методами повлиять на скорость полураспада расщепляющихся материалов невозможно, так что необходимо исключить их из производственных циклов и надежно изолировать. До сих пор для решения этой проблемы создаются особые хранилища в районах, где им практически не угрожает разрушение от стихийных бедствий. Однако в последнее время отходов накопилось слишком много. Следовательно, нужно искать иные способы их захоронения. Оставив в стороне техническую и экономическую стороны проблемы, попытаемся проанализировать не-

которые ее гуманитарные и философские аспекты.

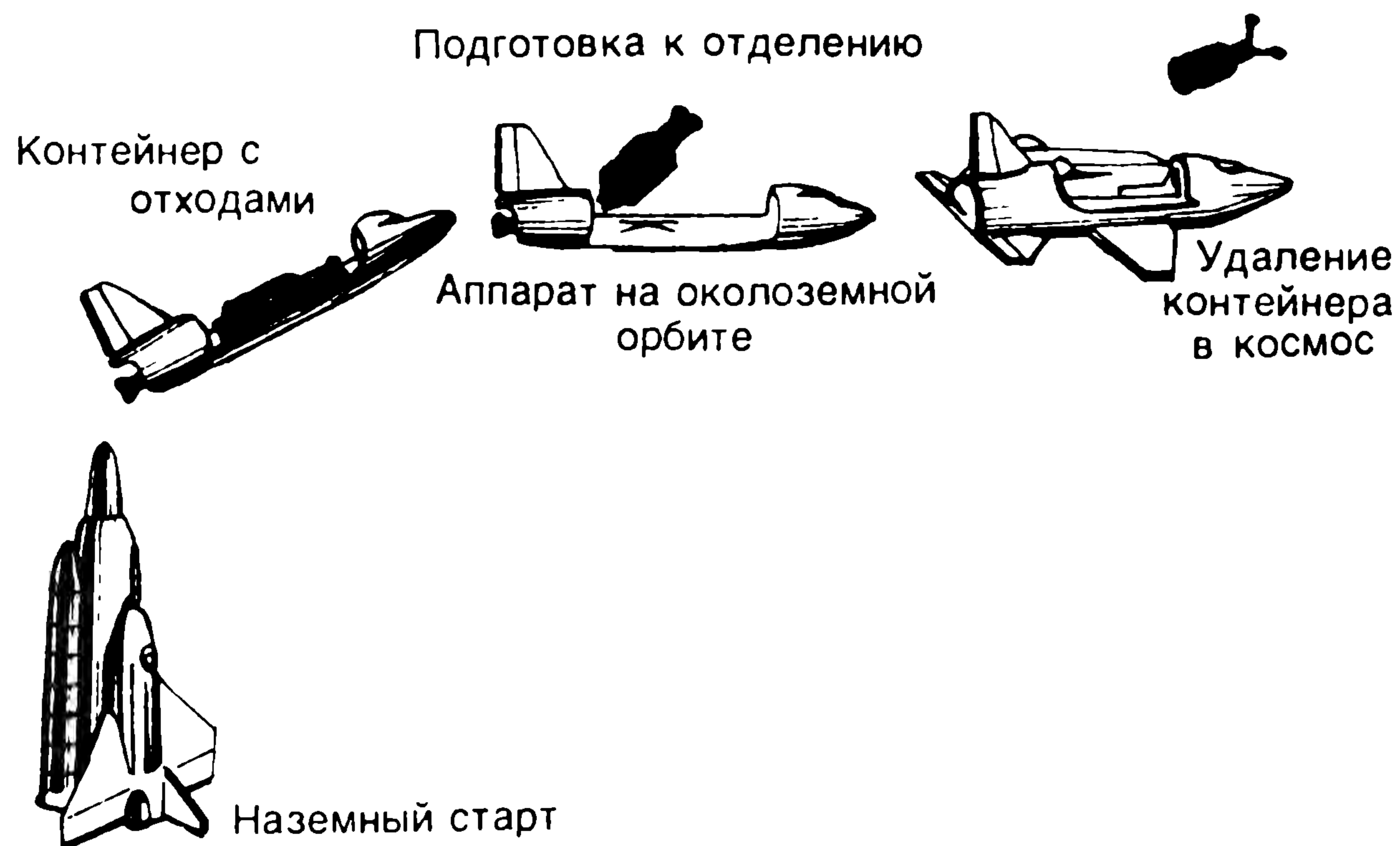
НУЖНЫ ЛИ «ЗАПРЕТЫ» В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ?

Проблема, о которой идет речь, не надумана, она поставлена самым ходом развития науки и отражает потребности развивающегося человеческого общества. Но наука обладает и своей внутренней логикой развития, в известной степени не зависящей от социальных обстоятельств. Поэтому в ней возможны открытия, не только отражающие сиюминутные потребности людей, но даже и нежелательные с точки зрения их интересов. Более того, могут формироваться научные направления, таящие в себе угрозу благополучию и самому существованию человека. К подобным направлениям относятся те, что связаны с получением, использованием и накоплением расщепляющихся материалов. Естественная реакция общественности: ввести соответствующие моратории, ограничивающие или вообще прекращающие опасные научные исследования.

Международное сообщество способно ограничить

Один из возможных вариантов контейнера с трансурановыми элементами для удаления в космос, предложенный в США (НАСА). Стрелкой показан в увеличенном виде «шарик», содержащий частицы окислов трансурановых элементов (1), вольфрамовую капсулу (2), матрицу из смеси алюминия и гидрида лития и частиц бора. (Из книги «Ядерная энергетика, человек и окружающая среда», М., 1984)

или полностью прекратить реализацию определенных идей в технике, технологии и в области разработки вооружений, создав, например, эффективную систему контроля и сократив финансирование. А вот остановить развитие собственно научных исследований в «нежелательных» направлениях значительно сложнее. Ведь наука представляет собой последовательный процесс познания окружающего мира и перескочить через какие-либо этапы ее развития бывает практически невозможно. Не удалось бы, к примеру, создать устройство для осуществления атомных реакций, если бы до того не было изучено строение атомов и атомных ядер.



Возможный вариант удаления отходов в космос с помощью космического летательного аппарата многократного использования (проект НАСА)

Из этого следует, что любой «запрет» на проведение определенных изысканий неизбежно отсекает целую линию развития науки, которая должна была бы возникнуть как следствие дальнейшего развития подвергнувшихся запрету научных исследований. А если вспомнить, что самые важные открытия осуществляются, как правило, на стыках смежных наук, то «запреты» на проведение тех или иных изысканий оставили бы в «небытии» многие потенциально возможные открытия.

Любое открытие, любая решенная проблема — это не только ответ на поставленные в ходе развития науки вопросы, но и шаг к новым, которые человек задает природе, к постановке новых научных проблем, к формированию своеобразного «знания о незнании», без чего наука не могла бы развиваться дальше. Более того, такое «знание о незнании» во многом предопределяет успешное решение вновь возникающих задач. Хорошо известно, что сформулировать новую научную

проблему — значит пройти добрую половину пути к ее решению. Возведение искусственных преград на пути научных исследований неизбежно привело бы к ограничению числа возникающих новых проблем и, следовательно, существенно обеднило бы процесс накопления наших знаний. Путь «запретов» в науке тем более нежелателен, что невозможно сказать заранее, насколько серьезным будет вред, который нанесут эти «запреты» развитию наших знаний об окружающем мире.

Нельзя не принимать во внимание и **психологическую сторону** проблемы. Побудить ученых, находящихся на пороге важных открытий, отказаться от них практически невозможно. Об этом говорит опыт исследований, приведших к появлению средств массового уничтожения, а также социально опасных прикладных исследований в области химии, микробиологии, генетики, психологии. Возникает закономерный вопрос: в какой мере ограничения деятельности того или иного ученого, работающего в области чистой науки, согласуются с общепризнанными в цивилизованном мире декларациями о правах человека?

Хорошо известно, что часто научные достижения помимо воли и желания

ученых могут быть использованы во вред людям или порождают у определенных кругов опасные искушения. По-видимому, ограничения в научной деятельности должны основываться не на мораториях и запретах, а формироваться в сознании ученых как естественные следствия, вытекающие из выработанных человечеством нравственных принципов. Однако такие моральные ограничения достаточно абстрактны, к тому же в каждом конкретном случае могут толковаться по-разному, а внутренняя логика развития науки и практические потребности общества могут оказаться более весомыми. В частности, полностью отказаться от технологических процессов, связанных с производством и применением расщепляющихся материалов (в первую очередь в энергетике и медицине), в ближайшем будущем невозможно. Что же касается ядерного оружия, то даже при полном его запрете и прекращении производства ядерных боеприпасов потребуется немало времени, чтобы избавиться от расщепляющихся материалов и разработать принципиально новые технологии и новую ориентацию деятельности соответствующих подразделений военно-промышленного комплекса.

Таким образом, не сегодня возникшая в нашей стране и за рубежом проблема надежного захоронения радиоактивных материалов еще долгое время останется одной из жизненно важных проблем, стоящих перед человечеством. И решать ее необходимо с учетом, по меньшей мере, двух условий: **не причинить вреда населению районов захоронения и не вызвать нежелательных изменений в окружающей среде.**

НЕ НАВРЕДИМ ЛИ МЫ И КОСМОСУ?

В принципе, существуют три возможности захоронения расщепляющихся материалов: **на дне морей и океанов, в толще земной коры** (или даже в мантии) и **в космическом пространстве**. До начала космических полетов Вселенная и околоземное космическое пространство считались чем-то внешним по отношению к земной среде обитания. И лишь когда был сформулирован антропный принцип, установивший тесную связь между фундаментальными ее свойствами и существованием человечества, Вселенная вновь стала рассматриваться в единстве с человеком, как сейчас говорят, «в человеческом измерении».

Биосфера и формирующаяся с ней социосфера тесно взаимодействуют с космической средой. А отсюда следует, что происходящие во Вселенной процессы рано или поздно окажут воздействие на нашу планету. В частности, любые серьезные нарушения земных условий могут отрицательно сказаться на состоянии социосферы. Поэтому земная цивилизация не может оставаться безразличной к изменениям, происходящим в окружающей нас области Вселенной, и должна внимательно следить, чтобы ее собственные действия не вызывали в этой области пространства каких-либо сдвигов, опасных для обитателей Земли. Действовать следует разумно, прогнозируя близкие и отдаленные последствия тех или иных акций.

Разумеется, технические средства, производственные мощности и источники энергии, которыми располагает современное человечество, нельзя даже сравнивать по масштабам с энергией космических процессов. Поэто-

му действия людей пока не способны оказать скольконибудь существенное влияние на физические явления даже в ограниченной области Вселенной. Если бы возникла настоятельная необходимость вмешаться в космическую среду и человечество сосредоточило бы для этого все имеющиеся у него силы и средства, то все равно подобная акция не дала бы желаемого результата.

Однако существуют «курковые» природные процессы. Чтобы подобный процесс «запустить», достаточно небольшого воздействия, сравнительно слабого начального толчка. В дальнейшем процесс будет развиваться самостоятельно, вовлекая огромные массы вещества и колоссальную энергию, во много раз превосходящую энергию начального воздействия. Об этом нельзя забывать при любых вмешательствах, даже самых незначительных, в космическую среду, будь то околоземное пространство или дальний космос.

Вообще, вряд ли целесообразно механически переносить «радиоактивные кладбища» в космос, не думая о том, что со временем из-за этих захоронений он станет реальной угрозой для землян, которые будут работать (и жить) на околоземных орбитах, Луне и других небесных телах Солнечной системы.

Околоземное пространство заполнено плазмой, в которой протекают различные физические процессы и которая определенным образом взаимодействует с нашей планетой. Поэтому необходимо выяснить, какими могут быть последствия прямого контакта с ней расщепляющихся материалов. Нужно также понять, останется ли возможное «заражение» ими космической среды локализованным или

постепенно распространится дальше. А если распространится, то снизится ли при этом плотность радиации до «безобидного» уровня. Наконец, не индуцируют ли расщепляющиеся материалы нежелательные явления в околоземном пространстве?

Возникает и множество других, связанных между собой вопросов: не будут ли слишком опасными операции по выводу РАО с поверхности Земли, не окажем ли мы вредное влияние на околоземное пространство и на Солнце (если решим к нему направлять РАО), надежно ли будет «работать» солнечный ветер, который должен уносить на периферию Солнечной системы распыленные РАО (например, в случае разрушения контейнера, в котором они содержатся)?

Совокупность всех этих проблем составляет сейчас новое направление космической экологии («экология космоса»), его задача — обеспечить экологическую безопасность «ближнего» и «дальнего» космоса. Речь идет, разумеется, о совместном решении земных и космических экологических проблем, о сохранении природы Земли и космоса. Здесь в настоящее время актуальны различные прикладные и фундаментальные исследования, поскольку до сих пор мы не так уж хорошо знаем особенности процессов не только в околоземном космическом пространстве, но и в атмосфере нашей планеты. Один из последних «сюрпризов» — катастрофическое падение содержания озона в Арктике (Земля и Вселенная, 1992, № 2, с. 111) — весьма настораживает и дает повод для серьезных размышлений.

Итак, прежде чем приступить к осуществлению идеи об использовании космоса

для захоронения расщепляющихся материалов, необходимо детально проанализировать будущее развитие событий и взвесить возможные последствия подобной акции в разных вариантах (особенно возможное возникновение аварийных ситуаций, когда из-за разрушения контейнеров радиоактивные отходы могут попасть прямо в околоземное или околосолнечное пространство).

НЕОБХОДИМЫ НАДЕЖНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ

При рассмотрении вопроса о возможности захоронения расщепляющихся материалов в любой среде важное значение приобретает проблема надежности и, в частности, обеспечение сохранности контейнеров, их герметичность на протяжении долгого времени (ведь периоды полураспада некоторых радиоактивных компонентов расщепляющихся материалов весьма велики). Разрушение контейнера с радиоактивными отходами в космическом пространстве — серьезная катастрофа, независимо от того, когда она произойдет — через несколько лет, десятилетий или столетий (или просто при неудачном запуске!). Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы расщепляющиеся вещества попали в космическую среду до того, как они полностью распадутся и станут безвредными. Можно ли при современном уровне науки и техники создать контейнеры, полностью застрахованные от любых внешних воздействий на космических орбитах — от бомбардировки метеорными частицами и частицами солнечного ветра, взаимодействия с межпланетной плазмой, столкновения с крупными метеорными телами, астероидами и ядрами комет, а также с

искусственными объектами?

Что же касается захоронений РАО на Земле, то здесь герметичности контейнеров могут угрожать подпочвенные воды, коррозия, тектонические подвижки и катастрофы и т. п. Разрушение хранилищ с контейнерами и утечка расщепляющихся материалов вызовут последствия, сравнимые по масштабам с чернобыльской аварией. Последствия этой катастрофы будут ощущаться еще многие годы, а воздвигнутый «саркофаг» уже сейчас дает основание для тревожных предположений. Разумеется, можно выбрать спокойные в тектоническом отношении малонаселенные районы, а также захоранивать контейнеры на больших глубинах, но и в этом случае нельзя предусмотреть все возможные неожиданности. К тому же нельзя не учитывать отрицательное психологическое воздействие на население самого факта захоронения радиоактивных материалов.

Все эти соображения — **серьезный аргумент в пользу «космического варианта»** решения рассматриваемой задачи. При этом, конечно, первостепенное значение приобретает не только проблема безопасного запуска, но и выбор соответствующих орбит. Ясно, что околоземные орбиты должны целиком проходить за пределами земной атмосферы (на высотах более 1000 км). Понадобится международное соглашение о выделении для подобных объектов специального «пояса», чтобы свести к минимуму любые возможные столкновения. Впрочем, по мере насыщения этого пояса контейнерами с радиоактивными материалами будет, конечно, возрастать и вероятность их столкновений. В принципе, можно выносить контейнеры не только в, казалось бы, надежные точки

либрации, за орбиту Луны или Марса, но даже и **за пределы Солнечной системы**. Однако подобные акции обойдутся крайне дорого, не исключено, что их стоимость окажется сравнимой с экономической выгодой, которую может принести использование тех или иных технологических процессов, в ходе которых образуются подлежащие захоронению материалы. Еще раз подчеркнем: каким бы надежным ни было обеспечение экологической безопасности при вынесении расщепляющихся материалов в космическое пространство (особенно на околоземные орбиты!), необходимо заранее предусмотреть последствия возможного разрушения контейнеров и попадания радиоактивных веществ непосредственно в космическое пространство.

МОРАЛЬНО- НРАВСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

При решении вопроса о захоронении радиоактивных отходов в космическом пространстве возникают проблемы, имеющие не только физические, технические и экологические аспекты, но и **социальные и даже морально-нравственные**. Складывается своеобразная ситуация, когда избавление от радиоактивных отходов становится насущной необходимостью, но любой из способов избавления имеет серьезные отрицательные стороны. Необходимо сделать оптимальный выбор между существующими возможностями, определить, какими критериями нужно при этом руководствоваться — физико-техническими, социальными или морально-нравственными? Как сравнивать между собой столь несравнимые факторы — здоровье и моральное состоя-

ние людей, состояние земной среды обитания и околоземной космической среды? Хотя эти факторы и тесно связаны друг с другом, решить подобную задачу отнюдь не просто. Как, наконец, сопоставить значение последствий возможных радиоактивных загрязнений земной и космической среды, если отрицательные воздействия на Землю могут сказаться уже в обозримом будущем, а на космическую среду — скорее всего десятилетия или столетия спустя? А ведь необходимо учитывать нежелательные последствия радиоактивного загрязнения космического пространства для будущего космонавтики, пилотируемых полетов, создания долговременных обитаемых орбитальных станций и осуществления межпланетных сообщений.

Вынесение радиоактивных материалов в ближний космос крайне нежелательно и в связи с тем, что в перспективе в околоземном пространстве планируется создавать орбитальные поселения. Контейнеры с расщепляющимися материалами будут представлять для них двоякую опасность: как источники радиоактивного загрязнения и как объекты возможных столкновений (вторая опасность сохранится и после того, как расщепляющиеся материалы перестанут распадаться и сделаются радиационно безвредными).

Возникает и еще одна, более отдаленная и почти фантастическая проблема. О связи заражения околоземной среды радиоактивными отходами с возможными будущими контактами с внеземными цивилизациями. Как отнесутся разумные обитатели других миров к цивилизации, допустившей радиационное заражение своей среды обитания?

Поставленные вопросы по-

требуют тщательного, серьезного и всестороннего изучения в гуманитарно-философском и в естественнонаучном плане. И все же некоторые соображения относительно «иерархии» критериев можно высказать уже сегодня.

ЕЩЕ О КРИТЕРИЯХ

Прежде всего, очевидно, что сама постановка проблемы опирается на **физико-технические и биологические соображения**. Изменять по своему желанию период полураспада радиоактивных веществ мы не можем, но в настоящее время нельзя просто отказаться и от технологических процессов, связанных с накоплением радиоактивных отходов, а также от применения радиоактивных изотопов. К тому же предстоит в ближайшие годы уничтожить большое число ядерных боезарядов. Оставить же расщепляющиеся материалы в среде нашего обитания мы не можем.

Следующий по значимости критерий — **экологический**. Ни в коем случае нельзя допустить, чтобы расщепляющиеся материалы попали в окружающую среду, а потому следует взвесить, где их захоронение будет надежнее — в земной коре или в космосе. В частности, с этой точки зрения заслуживает внимания недавно предложенный московскими учеными проект очень надежного, по их мнению, «могильника» для захоронения РАО на Новой Земле.

Третий критерий — **экономический**. Что выгоднее — строительство земных суперхранилищ или создание контейнеров для радиоактивных материалов и выведение их в космос на безопасные орбиты? Целесообразно, в частности, рассмотреть и такую воз-

можность, как использование для выведения расщепляющихся материалов в космос ракетных систем, которые подлежат уничтожению в соответствии с международными соглашениями о сокращении вооружений. Вероятно, этот вариант и соответствующие средства контроля следовало бы предусмотреть при разработке текста соглашений. Ведь в решении этой проблемы заинтересовано все человечество. На полезность разработки **конверсионных вариантов** и особенно использования подлежащих уничтожению боевых ракет указывали в последнее время видные специалисты в области космонавтики. Психологический и гуманистический аспекты этих вариантов очевидны, поскольку речь идет о комплексном решении таких важных глобальных проблем, как эффективное разоружение, предотвращение ядерной войны и освобождение Земли от РАО.

Можно предположить, что, с технической точки зрения, боевые ракетные системы для указанной цели вполне пригодны, хотя, видимо, и потребуют определенного переоборудования. Но скорее всего, подобное переоборудование обойдется значительно дешевле, чем создание специализированных ракетно-космических систем. К тому же решение задачи можно существенно облегчить, варьируя полезную массу выносимого в космос вещества. В зависимости от количества РАО придется использовать ракеты различного класса. В принципе, выведение расщепляющихся материалов в космос можно осуществлять как большими, так и малыми порциями.

Четвертый критерий — **социальный**. Какое «хранилище» отходов потенциально безопаснее для челове-

ства — «земное» или «космическое»?

Устанавливая иерархию критериев для выбора предпочтительного места «захоронения» отходов, нужно помнить, что все-таки главная цель прогресса — человек. И если мы сталкиваемся с новой формой извечного противоречия между интересами отдельных людей и общества в целом, решать его надо в пользу конкретных людей. Иными словами, следует выбирать решения, которые обеспечат максимальную защиту здоровья каждого человека, даже если это вызовет ограничения технических и технологических потребностей земной цивилизации в целом.

Повторяем: все «за» и «против» еще предстоит тщательно взвесить. Но уже складывается впечатление, что превращение космического пространства в «кладбище» расщепляющихся отходов — далеко не лучшее решение проблемы захоронения РАО.

Нужно здесь учитывать и психологическую сторону дела. Несомненно, что освоение космоса — насущная необходимость для современного человечества, неизбежный закономерный этап его прогрессивного развития. Без космонавтики нельзя решить многих проблем, жизненно важных для земной цивилизации.

Но, как известно, эти идеи, к сожалению, не всегда находят должное понимание. Превращение космоса в «радиоактивную свалку» станет лишним поводом для противодействия дальнейшему развитию космонавтики со стороны определенной части населения Земли.

ВЫБОР ВАРИАНТА

Скажем откровенно: сегодня едва ли возможен однозначный выбор вариан-

та захоронения РАО, поскольку очень уж сложна проблема, уходящая своими корнями и в повседневную жизнь, и в самые фундаментальные связи Вселенной и человечества. Например, исходя из антропного принципа рассмотрения Вселенной «в человеческом измерении», можно высказать предположение: человек не «случайный гость» во Вселенной, появление в процессе эволюции материи разумных существ — явление закономерное. Дело в том, что согласно второму закону термодинамики, в природе преобладают процессы, сопровождающиеся ростом энтропии, ведущие к накоплению «хаоса» и «вырождению» материи. Человек — разумное существо, способное превращать «хаос» в «порядок», противостоять процессу накопления энтропии. Создается впечатление, что историческая миссия разумных существ в масштабах Вселенной как раз и состоит в борьбе с энтропией. Может быть, материя создала человека, чтобы в конечном счете защитить самое себя?

Разумеется, в соответствии с законами физики, любое уменьшение энтропии в некоторой области пространства должно вызывать ее увеличение в другой, более обширной области. И таким образом, человечество, постепенно расширяя свою антиэнтропийную деятельность, будет охватывать все большие области Вселенной. Если эти соображения верны, то главная задача человека и человечества — борьба с «хаосом». И не случайно в человеческом обществе нравственным считается то, что ведет к уменьшению «хаоса», а безнравственным — то, что ведет к его умножению. Сейчас трудно сказать, каким образом потенциальная роль человека в мироздании мог-

ла повлиять на формирование «земных» нравственных принципов. Ведь подлинное место человечества во Вселенной стало проявляться по существу только во второй половине XX столетия.

Поставим вопрос: что представляет собой, с точки зрения **нравственного императива**, засорение космического пространства радиоактивными отходами — уменьшение «хаоса» или его умножение? Однозначный ответ и на этот вопрос дать сложно. Дело в том, что вынося расщепляющиеся материалы в космос, человечество, с одной стороны, борется с «хаосом» в земной среде, а с другой — увеличивает «хаос» в космическом пространстве. Если учесть, что размещение радиоактивных веществ в земных хранилищах практически полностью изолирует их от окружающей среды, а вынесенные на космические орбиты контейнеры с отходами засоряют космическое пространство, то, пожалуй, следует признать: «земной вариант» более предпочтителен и с точки зрения нравственных принципов цивилизованного человеческого общества.

Итак, принять заранее какое-то универсальное решение, пригодное для любых условий и ситуаций, вряд ли возможно. В одних случаях могут сложиться обстоятельства, которые потребуют немедленного удаления расщепляющихся материалов с поверхности планеты, в других, наоборот, захоронение РАО в специальных земных хранилищах и надежных контейнерах может оказаться более целесообразным. Поэтому должна быть обеспечена техническая возможность осуществления безопасного для людей и окружающей среды любого из указанных вариантов.

Развитие астрономии в Боливии

Х. А. СЕЛАЙЯ,
вице-президент Национальной Академии наук Боливии
Р. Ф. САЛЬЕС,
директор Национальной астрономической обсерватории
в г. Тарихе, Боливия
Д. Д. ПОЛОЖЕНЦЕВ,
ведущий научный сотрудник Пулковской обсерватории РАН,
член-корреспондент Национальной Академии наук Боливии

Республика Боливия основана 6 августа 1825 г. и названа так в честь генерала Симона Боливара — руководителя движения за освобождение пяти стран Латинской Америки (Венесуэлы, Колумбии, Эквадора, Перу и Боливии) от испанского владычества. Из общей территории в 1099 тыс. км² плоскогорья и горы занимают в Боливии 160 тыс. км², причем средняя высота плоскогорий над уровнем моря составляет почти 4 тыс. м. Основная часть населения Боливии (по большей части аймаро и кечуа) издавна занимается земледелием и скотоводством, разводя преимущественно лам. Поэтому боливийские пастухи называются «льямерос» от слова Пата на языке кечуа (произносится как льяма). Льямерос умели ориентироваться по звездам, они разделили небо на созвездия, назвав их по-своему, например, «Лама-дочь и Лама-мама», «Льямеро», «Со-

бака». Ряд созвездий носят испанские имена, связанные с католической церковью: «Малый крест», «Большой крест», «Руки девы Марии» и др.

В прошлом и в начале этого века наиболее образованными людьми в Боливии были военные геодезисты и ученые монахи-иезуиты. В Военном университете Боливии в г. Ла-Пасе издавна велось преподавание практической (геодезической) астрономии, а в одной из школ г. Ла-Паса в начале XX в. была даже сооружена любительская астрономическая обсерватория. Но начинали геодезические работы в Боливии иностранцы. Они определили астрономическими методами опорные географические координаты («Пункты Лапласа») в Караколе, Уюни, Льяке, а позже в Кочабамбе и Санта-Круссе. Первым боливийским астрономом-геодезистом был инженер Хулио Мальдонадо Пе-

рейра, получивший образование в США. Первый боливийский астроном-геодезист, окончивший местный Военный университет — капитан Сальвадор Дель Посо.

В 20-х гг. Президент Республики издал декрет, согласно которому во всей стране вводилось официальное время. К сожалению, этот декрет не был полностью осуществлен из-за отсутствия средств. До сих пор в Боливии можно видеть часы, которые отстают или идут вперед на 1—2 мин. Грешат этим и сигналы точного времени, передающиеся по радио и телевидению. Аэропорты, вокзалы, крупные предприятия, как правило, имеют собственные службы времени.

Первая астрономическая обсерватория Университета Сан-Андреса в г. Ла-Пасе была организована в 1977 г. Место для нее выбрали на обширном плато, расположенном на высоте 4 тыс. м,



Панорама обсерватории в г. Тарихе

примерно в 100 км от Ла-Паса на территории Сельскохозяйственной опытной станции. На обсерватории наблюдали искусственные спутники Земли, проходили практику студенты университета. Обсерватория функционировала на основе соглашения между Университетом Сан-Андреса и Академией наук СССР. Результаты наблюдений позволили боливийским астрономам включиться в решение таких фундаментальных проблем, как проблема перемещения материковых масс, уточнение теории движения искусственных спутников Земли с учетом гравитационных аномалий и сопротивления верхних слоев ее атмосферы.

В 1982 г. наступил новый этап развития астрономии в Боливии. Был подписан договор о сотрудничестве в области астрономии между

Академией наук СССР (теперь РАН) и Национальной академией наук (НАН) Боливии. Появилась возможность создать совместную большую астрономическую обсерваторию на юге страны. Были назначены координаторы по развитию астрономии в Боливии: генерал в отставке Хосе Антонио Селайя, по специальности астроном и геодезист, и инженер Артуро Либерс, работавший в то время начальником отдела гидрографии КОДЕТАРА (Государственная корпорация по развитию Тарихи, самого южного департамента Боливии).

В июне 1982 г. было выбрано место для будущей Советско-Боливийской астрономической обсерватории. В этой работе участвовали Х. А. Селайя и Р. Ф. Сальес — со стороны НАН Боливии и С. С. Маркианов и А. А. Малков — со стороны АН СССР. Раньше территория принадлежала известному в Боливии виноделу Хулио Кольбергу, который подарил ее Национальной академии наук. Высота над уровнем моря этого

места — 2 тыс. м, оно расположено в 15 км к югу от города Тарихи. Засветка неба от огней города здесь незначительна. Окрестные горы нигде не закрывают горизонт выше 6° , климат умеренный субтропический. По данным наблюдений, в среднем в году бывает 73 полностью ясных и 84 частично ясных ночей, причем наибольшее их число приходится на июнь — август, т. е. на боливийскую зиму.

В конце 1982 г. в Боливию прибыла первая группа пулковских специалистов во главе с заведующим отделом фотографической астрометрии, кандидатом физико-математических наук Х. И. Поттером. Группа привезла экспедиционный астрограф ($D=23$ см, $F=230$ см, рабочее поле $4^\circ \times 4^\circ$) и уже 2 апреля 1983 г. начались регулярные фотографические наблюдения звезд южного неба для создания большого каталога. В работах над этим каталогом, получившим название ФОКАТ-Ю, принимали участие советские (Х. И. Поттер, С. П. Пуляев, Л. И. Ягу-

дин и др.) и боливийские (Р. Ф. Сальес, Э. Эспиноса, В. Ямагучи и др.) астрономы. В 1989 г. была отснята последняя пластинка по этой программе, а всего их получено свыше 6 тыс. с экспозициями 4 и 12 мин (в зависимости от сорта пластинок). В следующем году на Международном коллоквиуме в Вирджиния-Бич (США) сообщалось о создании высокоточного ($\pm 0,12''$) каталога положений 200 тысяч звезд южного неба до 11^m . Это большой успех боливийских и пулковских астрономов, результат их тесного плодотворного сотрудничества.

В 1988 г. на том же инструменте начаты наблюдения еще более обширного каталога со средней плотностью около 40 звезд на кв. градус. Эта работа в первом этапе ведется для экваториальной области неба (будущий каталог «ЭКАТ»). Уже получено свыше 1900 пластинок, т. е. первый этап выполнен на 69 %. Эти работы продолжаются.

Несколько позднее, в 1985—89 гг. на обсерватории в Тарихе были установлены еще четыре телескопа.

Телескоп АЗТ-7 из Пулко-ва ($D=20$ см, $F=500$ см) предназначен для проведения спектрофотоэлектрических наблюдений избранных ярких звезд. Телескоп оборудован фотометром СФ-68 м и малой ЭВМ ДВК-3. Работая с телескопом в режиме реального времени ЭВМ осуществляет предварительную обработку наблюдений с выдачей результатов на дискеты (для дальнейшей обработки) и на самописец. Наблюдения на этом телескопе выполнялись в течение 1987—1989 гг. А. А. Архаровым и В. В. Новиковым с участием инженеров Ю. А. Беляева и К. В. Румянцева. Всего получено свыше 2 тыс. спектров.

Телескоп «Цейсс-600» из Голосеева, Украина ($D=$

$=60$ см, $F=750$ см). На этом телескопе киевскими астрономами А. П. Видьмаченко, А. Э. Розенбушем, С. П. Майором и другими, при участии пулковского астронома А. А. Архарова и боливийского астронома Р. Ф. Сальеса, проводились разнообразные астрофизические и астрометрические наблюдения объектов южного неба. В частности, выполнена четырехцветная фотометрия Сверхновой 1987 А в Малом Магеллановом Облаке на стадии падения ее блеска и спектральные наблюдения звезды. Обнаружены особенности спектра, которые отличают его от спектров других сверхновых. Наблюдали на телескопе комету Галлея, Марс с его спутниками, звезды и астероиды.

Президент Республики Боливия сеньор Хайме Пас Замора и сопровождающие его лица в павильоне астрографа.

Универсальная фотографическая камера АФУ-75 из Астросовета АН СССР ($D=21$ см, $F=74$ см). В настоящее время этот прибор передан НАН Боливии. На нем будут наблюдать ИСЗ, протяженные объекты типа комет и др. Он позволяет получать положения небесных тел с точностью до $\pm 0,5''$.

Лазерный дальномер ЛД-3 — передан НАН Боливии Астросоветом АН СССР. Он будет использован при наблюдении ИСЗ для решения задач космической геодезии и небесной механики.





Лунное затмение. Фотография сделана на обсерватории университета г. Потоси

Сейчас готовится монтаж купола павильона для второго телескопа «Цейсс-600», полученного из Пулково. Уже выполнена кирпичная кладка стен башни, правда, купол и телескоп пока складированы в г. Ла-Пасе.

Есть в обсерватории и оборудование Службы точного времени (В. А. Наумов, А. А. Попов, К. В. Румянцев из Пулково и Э. Байро из Университета г. Тарихи). Оно включает кварцевые часы (Ч7-15), устройство для кодирования сигналов точного времени (изготовленного в г. Тарихе силами Э. Байро и механика обсерватории М. Трухильо), передатчик сигналов точного времени через радиостанции «Лос Андес» и девятый телеви-

зионный канал университета г. Тарихи. С 1990 г. ведется регулярная передача сигналов точного времени.

Большую роль в создании Астрономической обсерватории в г. Тарихе сыграл инженер Артуро Либерс. Он — региональный координатор по развитию астрономии в Боливии — помогал в решении технических и организационных проблем. Став в 1989 г. депутатом парламента от партии «Левое революционное движение», А. Либерс внес на рассмотрение Конгресса Боливии два законопроекта: «О Национальной астрономической обсерватории Боливии» и «Об официальном времени Боливии». Оба законопроекта были одобрены Палатой депутатов и Сенатом Боливии и в настоящее время находятся на подписи у Президента Республики Боливия господина Хайме Паса Замора,

который, кстати, в 1986 г. посетил Обсерваторию в Тарихе (правда, он тогда был вице-президентом Боливии). После подписания законопроектов, обсерватория в Тарихе получит статус Национальной астрономической обсерватории Боливии, в которой будет функционировать «Служба официального времени Боливии».

Обсерватория в Тарихе ведет культурно-просветительную работу среди населения Республики. Так, только в 1991 г. ее посетило более тысячи человек, а в периодической печати и в других средствах массовой информации было опубликовано свыше двадцати материалов как об актуальных астрономических явлениях (например, о затмении Солнца), так и о деятельности самой Обсерватории.

И наконец, следует сказать о положительной роли в культурной жизни Боливии «Общества Астрономии Боливии» (АВА — Asociación Boliviana de Astronomía), объединяющего любителей астрономии. Это общество проводит ежегодные конференции, ведет работу в секциях (метеоры, спектроскопия, археоастрономия, планеты), причем работы ведутся часто на достаточно высоком научном уровне.

В 1991 г. Обсерваторию посетила делегация астрономов России и Украины. Члены делегации дали высокую оценку работам по созданию Обсерватории в Тарихе и ее научной деятельности.

На орбите — комплекс «Мир»

В июле 1992 г. на борту орбитального комплекса «Союз ТМ-14» — «Квант» — «Квант-2» — «Мир» — «Кристалл» — «Прогресс М-13» продолжалась работа 11-й основной экспедиции.

5—7 июля. Космонавты Александр Степанович Викторенко и Александр Юрьевич Калери занимались дооснащением места установки гиродинов внутри модуля «Квант» и подготовкой к выходу в открытый космос.

8 июля. В 15 ч. 37 мин 10 с космонавты вышли в открытый космос. Их основная задача — установка клапана для вакуумирования гиродинов, которые планируется установить внутри «Кванта-2» взамен неисправных, размещенных снаружи. Общее время работы составило 2 ч 03 мин.

9—13 июля. Дни отдыха и работ по активации двух новых гиродинов. Помимо этого космонавты устанавливали различную научную аппаратуру для предстоящей российско-французской экспедиции.

14—16 июля. После окончания операций, связанных с установкой новых гиродинов, экипаж продолжил осуществление программы полета.

Выполнены астрофизические и другие исследования, а также разгрузка транспортного корабля «Прогресс М-13». Проведен еще один тест работы гиродинов. Аппаратура «Микроакселерометр» зарегистрировала вибрации, в 4—5 раз превышающие обычные.

20—23 июля. Продолжены работы по подготовке к встрече российско-французской экспедиции. Сделаны дополнительные коррекции орбиты. В результате ее параметры составили: максимальное удаление от поверхности Земли — 425 км, минимальное — 407 км, период обращения — 92,7 мин, наклонение — 51,6°. Выполнялись съемки поверхности Земли.

24 июля. В 7 ч 14 мин транспортный корабль «Прогресс М-13» отстыкован от комплекса «Мир».

25—28 июля. А. С. Викторенко и А. Ю. Калери заканчивают подготовку к сдаче вахты: упаковывают и размещают в спускаемом аппарате корабля «Союз ТМ-14» материалы и аппаратуру, предназначенные для возвращения на Землю.

27 июля. В 10 ч 08 мин 49 с с космодрома Байконур стартовал космический корабль «Союз ТМ-15». На его борту — российско-французский экипаж: командир — летчик-космонавт, полковник Анатолий Яковлевич Соловьев, бортинженер Сергей Васильевич Авдеев и космонавт-исследователь Франции Мишель Тонини.

29 июля. В 11 ч 46 мин «Союз ТМ-15» состыковался с орбитальным комплексом «Мир».

30 июля. Началась реализация проекта «Антарес» — российско-французской программы экспериментов на борту комплекса. Выполнялись эксперименты «Иллюзия», «Виминаль» и другие медицинские исследования. В рамках отечественной программы начались работы по космической биологии и медицине.

31 июля — 1 августа. Экипаж выполнял различные медицинские эксперименты и исследования. Продолжалась передача смены очередной экспедиции.

2—4 августа. Совместный экипаж продолжил начатые эксперименты и приступил к реализации новых: «Нозика», «Ортостатика» и др. Проведена пресс-конференция для журналистов. А. Ю. Карели и С. В. Авдеев провели видеосъемку и спектрометрирование района Чернобыля.

5—6 августа. Международный экипаж осуществил очередной цикл съемок аппаратурой, установленной на телеуправляемой платформе модуля «Квант-2», а также медицинские исследования и измерения ионизирующего космического излучения по трассе полета. С использованием костюма «Чибис» А. Я. Соловьев

и М. Тонини обследовали у себя сердечно-сосудистую систему.

7—8 августа. Космонавты проверили функционирование систем корабля «Союз ТМ-14» и укладывали в спускаемый аппарат материалы исследований.

9 августа. Выполнены заключительные эксперименты программы совместного полета.

10 августа. В 01 ч 46 мин 47 с корабль «Союз ТМ-14» был отстыкован от комплекса «Мир», а в 5 ч 05 мин 02 с его спускаемый аппарат совершил посадку в 136 км восточнее г. Джезказган. 11-я основная экспедиция продолжительностью 145 сут 14 час 10 мин была успешно завершена. На борту комплекса «Мир» началась работа 12-й основной экспедиции.

12—14 августа А. Я. Соловьев и С. В. Авдеев приступили к выполнению плановой работы: выполнены ремонтно-профилактические работы, начат эксперимент «ЭКЗЭК». Произведены плавки на технологических установках «Зона-03» и «Галлар». Подготовлен к приему очередного транспортного корабля модуль «Квант».

16—17 августа. Продолжалось выполнение экспериментов «Букет», «Гранат», «Мария», «ЭРЭ» и регламентно - профилактических работ.

16 августа. В 2 ч 18 мин 32 с с космодрома Байконур осуществлен запуск транспортного корабля «Прогресс М-14».

18 августа. В 4 ч 20 мин 48 с «Прогресс М-14» состыкован с орбитальным комплексом «Мир».

19—20 августа. Экипаж занимался разгрузкой транспортного корабля.

21—25 августа. Началась подготовка к первому из четырех запланированных выходов в открытый космос.

3 сентября. В 17 ч. 32 мин космонавты открыли входной люк шлюзового отсека модуля «Квант-2» и приступили к монтажу выносной двигательной установки на конце 14-метровой металлической фермы «Софора». Предполагают, что использование такого двигателя значительно уменьшит расход топлива при ориентации станции. Работы в открытом космосе продолжительностью 3 ч 56 мин закончились успешно.

По материалам информационного бюллетеня
«Новости космонавтики»
Продолжение следует

Продолжение. Начало см. в
№№ 3—5, 1986; 2—6, 1987;
1—6, 1988; 1—3, 1989; 1—6, 1990;
1—6, 1991; 2—4, 1992

Александр Иванович Воейков

(к 150-летию со дня
рождения)

Многие из современников А. И. Воейкова признавали его гениальным, великим климатологом. И действительно, в его жизни была одна страсть, одна любовь — климатология.

А. И. Воейков родился 8(20) мая 1842 г. в Москве в семье дворянина, полковника кавалерии И. Ф. Воейкова, принадлежавшего к древнему роду. Мать его, Наталья Дмитриевна, была младшей дочерью известного государственного деятеля, сенатора Д. Б. Мертвого. Мальчик рано лишился родителей, и его взяла на воспитание религиозная тетка Софья Дмитриевна, мечтавшая побывать на святой земле Палестины. Она и совершила вместе с 14-летним Александром и его младшим братом Дмитрием трехлетнее путешествие: они посетили Турцию, Грецию, остров Крит, Сирию, Палестину, потом отправились в Европу, осматривали античные памятники Средиземноморья. Много недель провели в Италии, которая очаровала юного путешественника. Это долгое странствие развило у Воейкова необыкновенную наблюдательность. Именно в эту пору зародился его интерес к необычным явлениям природы.

В августе 1860 г. он поступил на физико-математическое отделение Санкт-Петербургского университета. Но через год подал заявление об отчислении и уехал в Германию. Сначала учился в Гейдельбергском университете, потом переехал в Берлинский, где читал лекции знаменитый профессор метеорологии Генрих Дове. (Позднее Дове посо-



Александр Иванович Воейков (1842-1916)

ветовал Воейкову заняться исследованием солнечной радиации в различных местах земного шара.) Из Берлина Воейков переехал в Геттинген и в его знаменитом университете закончил свое образование.



В 1865 г. он вернулся в Петербург. Вскоре директор Главной физической обсерватории, переданной к тому времени из горного ведомства в Академию наук, предложил Воейкову должность своего помощника. Александр Иванович дал согласие ... и забыл о своем обещании. Тщетно ждал его директор обсерватории в своем кабинете на 23-й линии Васильевского острова — Воейков уехал из Петербурга в очередное странствие. Помощником директора стал Михаил Александрович Рыкачев (Земля и Вселенная, 1991, № 6, с. 42.— Ред.).

В середине 60-х гг. А. И. Воейков стал членом Императорского Русского географического общества и связал свою деятельность с его метеорологической комиссией. Он много путешествовал по Кавказу, Средней Азии, Европе. Потом

Здание Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова в Санкт-Петербурге

Фото Н. М. Богданова

отправился в Канаду, посетил Соединенные Штаты, Мексику, Гватемалу, Перу, Чили, Аргентину, Бразилию.

В 1875 г. Воейков возвратился на родину. Но ему не сиделось в Петербурге, и он вновь отправился путешествовать, сначала поехал в Индию, затем в Индонезию, Южный Китай, Японию. А вернувшись в январе 1877 г. в Петербург, с головой ушел в обработку привезенных наблюдений. Уже на следующий год Русское географическое общество

присудило ему Малую золотую медаль за метеорологические исследования и работы, произведенные в России и других странах света. Результаты исследований он изложил в своих многочисленных трудах, опубликованных в русских научных журналах того времени. Они послужили фундаментом бессмертного гениального творения ученого — монографии «Климаты земного шара, в особенности России», подводившей итоги целой эпохи в развитии метеорологии.

Примечательно, что этот самый главный труд А. И. Воейкова, удостоенный высшей награды Географического общества — Константиновской Золотой медали, вышел ровно через 50 лет (1884 г.) после основания в России первой в мире регулярной, постоянно действующей системы магнитных и метеорологических наблюдений, которые А. И. Воейков широко использовал в своих исследованиях. Именно в 1834 г. законом Российской империи была учреждена Нормальная обсерватория в Петербурге с сетью подведомственных обсерваторий в Екатеринбурге, Луганске, Нерчинске, Златоусте, Богословске, Барнауле. Так была основана постоянная геофизическая сеть России, снабженная однотипными инструментами и ведущая наблюдения по единым наставлениям.

Учреждение Нормальной обсерватории знаменитый немецкий ученый А. Гумбольдт считал одним из великих научных предприятий того времени. Такой же точки зрения придерживались и многие геофизики Западной Европы. В 1837 г. вышел первый том «Свода магнитных и метеорологических обсерваторий горного ведомства». Первоначально «Свод» печатался на французском языке, как самом распространенном в Европе. Но начиная со «Свода 1845 года» наблюдения стали печататься на двух языках: русском и французском. «Свод» включал ежечасные наблюдения за температурой и давлением воздуха, водяными парами, направлением ветра, состоянием неба, осадками в Петербурге, Екатеринбурге, Барнауле, Нерчинске, Ситхе, Тифлисе, Златоусте, Богословске, Лугани, Пекине.

«Своды», как правило, завершались обширными «Прибавлениями». В них публиковались метеорологические наблюдения в Николаеве (1834—1841 гг.), Балтийском порту (1839—1850 гг.), в Полтаве (1824—1844 гг.), Екатеринославле (1833—1942 гг.). В «Сводах» за различные годы содержатся наблюдения, сделанные в Якутске, Красноярске, Курске, Одессе, Тамбове,

Усть-Сысольске, Калуге, Слободске, Вильне, Горках, Глазове, Уржуме и других городах.

Можно с уверенностью говорить сегодня, что публикация обсерваторией «Сводов» и «Летописей» наблюдений помогла А. И. Воейкову создать его книгу «Климаты земного шара». Необходимо отметить еще одну важную инициативу Главной физической обсерватории (так позднее стала называться Нормальная обсерватория) — пропаганду идеи Международного метеорологического сотрудничества, которая увенчалась блестящим успехом и осуществление которой также оказало большую помощь Воейкову в создании его труда.

«Климатология», — писал Воейков в своей книге, — сделала большие успехи в последнее время вследствие того, что число наблюдений увеличилось, значительно возросла их точность и улучшился способ их разработки. В этом отношении метеорологические конгрессы принесли большую пользу: на них достигнуто соглашение относительно способов наблюдения, и им же мы обязаны тем, что теперь почти все образованные страны печатают полные наблюдения некоторого числа станций. Еще очень недавно это делалось почти в одной России».

Заметим, что и до А. И. Воейкова в России и за рубежом было выполнено немало хороших климатологических работ. Но они в основном носили описательный характер. А. И. Воейков же, пожалуй, первым из ученых взглянул на проблему климата с позиции физических наук. В связи с этим он писал: «Я думаю, что одна из важнейших задач физических наук в настоящее время — ведение приходно-расходной книги солнечного тепла, получаемого земным шаром с его воздушной и водяной оболочками.

Нам нужно знать, сколько получается солнечного тепла у верхних границ атмосферы, сколько его идет на нагревание атмосферы, на изменение состояния примешанного к ней водяного пара; затем, какое количество достигает поверхности суши и вод, какое идет на нагревание различных тел, какое на изменение их состояния (из твердого в жидкое и из жидкого в газообразное), на химические реакции, особенно сопряженные с органической жизнью, затем нужно знать, сколько тепла Земля теряет посредством излучения в небесное пространство и как идет эта потеря...

Трудность достижения цели не может испугать ученых, способных понять широ-

кие задачи науки. Не одним веком она строится. Поэтому я и, счел полезным поставить задачу во всей широте, не скрывая громадных трудностей не только ее полного решения, но даже и сколько-нибудь приблизительного».

Из этой цитаты видно, насколько широки взгляды А. И. Воейкова на климат и науку вообще, насколько глубоко он понимал физическую сущность проблемы.

А. И. Воейков сделал выдающийся вывод об определяющем значении энергетического баланса земной поверхности и системы «суша — атмосфера». Он четко сформулировал задачу о роли состояния подстилающей поверхности в формировании климата земного шара, обратил особое внимание на важность преобразования влаги в системе подстилающая поверхность—атмосфера и на ее роль в формировании энергетического баланса атмосферы и климата планеты. Используя физико-математический аппарат, он оценил влияние вертикальных движений в атмосфере и их роль в трансформации воздушных масс благодаря сухо- и влажноадиабатическим процессам.

В исследованиях А. И. Воейкова большое место занимали вопросы гидрологии суши как важного элемента климата. Пожалуй, именно он впервые убедительно доказывал, что на климат Земли влияют снежный покров и ледники — те компоненты, которые мы сейчас называем криосферой. Он прекрасно отдавал себе отчет в том, какую роль играют химия атмосферы, биосфера и органическая жизнь (особенно растительный покров) в формировании климата. Он оценивал влияние климата и на различные стороны хозяйственной деятельности.

В настоящее время ежегодные потери в хозяйстве от неблагоприятных климатических условий составляют в США 12,4 млрд долл. в год. С учетом косвенных воздействий и отдаленных последствий эта цифра по верхнему пределу оценивается уже в десятки миллиардов долларов в год. Подобные экспертные оценки есть и для нашей страны, и около 70 % потерь приходится на сельское хозяйство. А поскольку сельское хозяйство — самая уязвимая отрасль, то прикладная климатология становится одной из важнейших наук.

Просматривая работы А. И. Воейкова, убеждаешься, как много сделал он в области прикладной климатологии. Энергетика, транспорт, строительство во времена А. И. Воейкова не были так развиты, как теперь, а сельскохозяйственное производство имело первостепенную важ-



Павильон актинометрии в поселке Воейково. Здесь ведется «приходно-расходная книга» солнечного тепла

Фото Н. М. Богданова

ность. Поэтому ученый сосредоточил свои изыскания прежде всего на сельскохозяйственной метеорологии и сельскохозяйственной климатологии. Он получил практические выводы из климатологии для сельскохозяйственных культур лесных районов Российской империи. Они касались разведения чая и цитрусовых в Закавказье, хлопководства в Средней Азии. При этом он первым из ученых доказал преимущества климатических условий Средней Азии перед США для хлопководства. И сделал это в те годы, когда США, пытаясь оказать давление на Россию, отказали ей в продаже хлопка, поставив в тяжелое положение ее текстильную промышленность.

Изучив климат курортов России, А. И. Воейков отдает предпочтение Кисловодску перед Швейцарскими курортами, а Гагры считает не хуже курортов Французской Ривьеры.

Одним из первых он указал на экономическое значение северных областей России, благоприятных для посевов льна и луговодства, говорил о возможности выведения хлебных культур в Якутии.

Возвращаясь к климатологическим исследованиям А. И. Воейкова, хочется обратить внимание еще на одну деталь. Хотя главный труд А. И. Воейкова и называется «Климаты земного шара, и в особенности России», он прекрасно понимал, что тема второй части заглавия полностью не исчерпана его книгой. Он считал, что климату России нужно уделить больше внимания в будущем.

В 1866 г. А. И. Воейков был избран действительным членом Географического общества, где и проработал 50 лет. В 1870 г. его пригласили в качестве секретаря в Метеорологическую комиссию Российского географического общества, организованную под председательством академика Вильда. Комиссия особенно активизировала свою деятельность в 1882 г., когда А. И. Воейкова избрали ее председателем. Эту комиссию А. И. Воейков возглавлял 34 года. Столько же лет он занимался педагогической деятельностью в качестве профессора Санкт-Петербургского университета. Его учебники по метеорологии на рубеже веков пользовались большой популярностью. В 1891 г. вышел в издательстве А. Ф. Довриена написанный им по поручению Департамента земледелия учебник «Метеорология для средних учебных заведений и для практической жизни», выдержавший четыре издания. В 1903 г. издательство А. А. Ильина выпустило учебник А. И. Воейкова для высших учебных заведений «Метеорология» в четырех частях.

Александр Иванович сотрудничал более чем в 30 журналах, отечественных и зарубежных, участвовал в издании двух энциклопедий — «Полной энциклопедии русского сельского хозяйства» и «Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона». В «Энциклопедический словарь» он был приглашен в 1892 г. на должность редактора Отдела географии и проработал здесь до 1904 г., написав много статей. По его инициативе в 1891 г. основан журнал «Метеорологический вестник», в котором 25 лет, до последних дней своей жизни, он работал главным редактором.

Всю свою жизнь А. И. Воейков провел, по его выражению, «среди книг,

среди писем, лекций, собраний». Отличался скромностью, непритязательностью, заботой о людях. Академик М. А. Рыкачёв писал о Воейкове: «Он был в высокой степени симпатичен. Это открытая душа, широкая русская натура, развивавшаяся в хорошую сторону. Он отличался добрым отзывчивым сердцем».

Близко знавший Александра Ивановича академик Л. С. Берг писал: «Еще раз нужно повторить, что это был гениальный человек и до сих пор он не оценен у нас по достоинству, но чем дальше в глубь истории от нас его жизненный путь, тем более высоко мы начинаем оценивать все, что сделал Воейков».

Великий русский климатолог Александр Иванович Воейков скончался 28 января 1916 г. от воспаления легких и похоронен на кладбище Александро-Невской лавры на Духовской аллее.

Имя Воейкова присвоено Главной геофизической обсерватории в Санкт-Петербурге, где он в 1913—1916 гг. служил консультантом по климатологии. Его именем в 1949 г. названа и деревня Сельцы близ Санкт-Петербурга, там размещаются многие научные отделы и лаборатории обсерватории. Украшение поселка — строгий бюст А. И. Воейкова, выполненный выдающимся скульптором нашего времени М. К. Аникушиным. Это, к сожалению, единственный в мире памятник гениальному ученому-климатологу.

В. М. ПАСЕЦКИЙ,
доктор исторических наук
А. С. КОРОВЧЕНКО
Главная геофизическая обсерватория
им. А. И. Воейкова

Первый астроном

«Наиболее выдающимся астрономом древности» назвал Евдокса Книдского, родившегося ровно 24 века тому назад, Ян Гадомский¹. Надо добавить, что это первый из астрономов в истории человечества, о жизни и деятельности которого сохранились хоть какие-то письменные свидетельства.

Евдокс родился около 408 г. до н. э. в городе Книде (Малая Азия). В двадцатитрехлетнем возрасте, привлеченный славой Платона, он отправился в Афины «вместе с врачом Феомедонтом, который его содержал, а, по мнению некоторых, и был его любовником»². Там они пробыли два месяца, и все это время Евдокс посещал Платоновскую академию. Вскоре после возвращения домой Евдокс уехал в Египет, где год и четыре месяца под руководством жрецов изучал состояние тамошней науки. На обратном пути он задержался в Кизике — милетской колонии на южном берегу Мраморного моря у персидского царя Мавсола. В Книде Евдокс вернулся уже тридцатилетним. Здесь он основал школу астрономов и математиков, сыгравшую важную роль в развитии греческой науки.

На родине ученый пользовался большим почетом за свои знания и труды; сограждане называли его «славным». Известно, что у него было три дочери: Актида, Фильтида и Дельфида и сын Аристагор. Умер Евдокс около 355 г. до н. э. в возрасте 53 лет.

¹ Гадомский Я. Шеренга великих астрономов. Варшава. Наша ксенгарня, с. 7.

² Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов, М.: Мысль, 1979.



К сожалению, научные труды Евдокса не сохранились, и мы знаем о них только по цитатам, которые содержатся в манускриптах его учеников и последователей. Ученый создал систему мира, в центре которого находилась Земля. Вокруг нее обращались Солнце, Луна и пять известных в то время планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Эти небесные тела были «прикреплены» к внутренней стороне воображаемых хрустальных сфер разного размера, вращавшихся с различными угловыми скоростями.

Для объяснения всех видимых движений Евдоксу понадобилось 27 сфер: одна для звезд, по три для Солнца и Луны и по четыре для каждой из планет. Например, одна лунная сфера совершала полный оборот вокруг Земли за месяц, другая делала то же самое, но в противоположную сторону, за 18,5 лет и т. д. Ученику Евдокса Калипу

для объяснения всех видимых движений небесных тел понадобилось уже 33 сферы, а Аристотелю — еще больше: 56 сфер. Причем, Аристотель считал сферы не фиктивными, как Евдокс и Калип, а реальными, сделанными из идеально прозрачного хрустального вещества. Система мира Аристотеля была признана христианской церковью единственно верной и просуществовала целых 19 веков, до появления учения Коперника.

Для исправления погрешности календаря Евдокс предложил вводить раз в четыре года дополнительный день, что было сделано лишь три столетия спустя при реформе календаря, осуществленной Юлием Цезарем.

Евдокс представлял Землю шарообразной, наибольшее угловое расстояние Венеры от Солнца он определял в 45° (современное значение $47^\circ 40'$), а угол между эклиптической и небесным экватором считал равным 24° (теперь мы знаем, что в действительности он составляет $23^\circ 27'$). Ему приписывают также изобретение горизонтальных солнечных часов.

В математике Евдокс занимался параллельными линиями и кривыми, открыл золотое сечение (деление отрезка прямой в среднем и крайнем отношении) и, по свидетельству Архимеда, сформулировал теоремы о том, что объемы пирамиды и конуса равны одной трети от объемов призмы и цилиндра тех же оснований и высот. Архимед указывал также, что Евдоксу принадлежит прием доказательства методом исчерпывания. Он же первым создал общую теорию пропорций и учение о величинах (в том числе и об иррациональных числах). Достижения Евдокса в геометрии отражены в 3-й и 12-й книгах «Начал» Евклида (III век до н. э.).

Сохранились свидетельства, что Евдокс занимался еще географией и врачеванием.

Вот то немногое, что нам известно об этом ученом.

В. П. ЛИШЕВСКИЙ,
кандидат физико-математических наук

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ, УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Процесс вынужденного повышения цен на газеты и журналы не прошел, к сожалению, мимо нашего журнала, каждый номер которого теперь будет стоить 29 руб., а подписка на полгода — 68 руб. Повышение цены на журнал — факт, несомненно, печальный, но редакция надеется, что каждый, кто сейчас держит в руках номер «Земли и Вселенной», не только подпишется лично, но и сумеет убедить в полезности такого шага кого-нибудь из своих друзей и коллег — истинных любителей наук о Земле и Вселенной. Спасибо!

Венера и «Магеллан»

А. И. ЗАХАРОВ,
кандидат технических наук
Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН

В течение нескольких последних лет многие специалисты и любители астрономии с интересом следили за подготовкой и реализацией проекта «Магеллан». В августе 1990 г. космический аппарат вышел на орбиту вокруг Венеры. На Землю стали поступать все новые и новые впечатляющие изображения поверхности планеты. С некоторыми из них мы познакомили своих читателей [Земля и Вселенная, 1991, № 2, с. 57, № 4, с. 112, 1992, № 3, с. 44, № 4, с. 66.— Ред.]. Сейчас завершается последний из запланированных циклов работы аппарата, и в предлагаемой статье рассказывается о том, как готовился и осуществлялся этот замечательный проект.

Ближайшая к Земле планета, очень похожая на нее размерами, массой и плотностью,— Венера издавна притягивала внимание исследователей. Однако изучение традиционными методами давало не очень много: плотный облачный слой делает невозможными оптические наблюдения поверхности Ве-

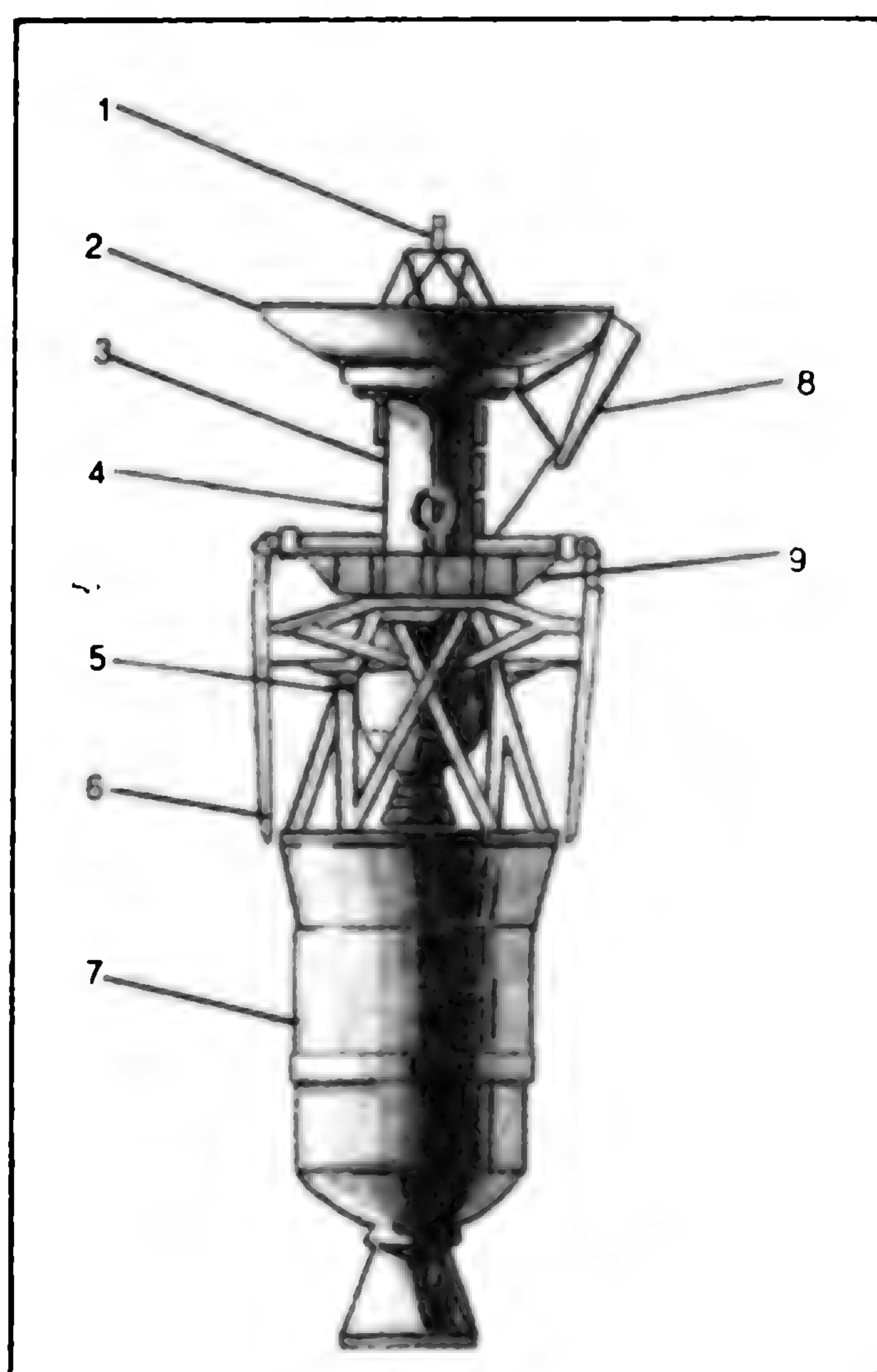
неры с Земли. Первые попытки исследования планеты с помощью радиолокации относятся к 1961 г. С той поры эти работы стали систематическими.

Для радиоволн определенной длины облачный покров планеты прозрачен, и ученые, анализируя запаздывание и интенсивность отраженного ее поверхностью сигнала, смогли получить представление о крупномасштабном рельефе в экваториальной области и отражательных свойствах грунта. По наблюдениям ярких деталей поверхности были определены период и ориентация оси вращения планеты. Но все же основная ее часть осталась недоступной для исследования: ограниченные возможности земных радиолокаторов позволяли проводить наблюдения лишь вблизи нижних соединений Венеры, т. е. во время максимальных сближений с Землей, а она в это время всегда повернута к нам одной стороной.

Наконец, успехи в создании космической техники позволили приблизить ра-

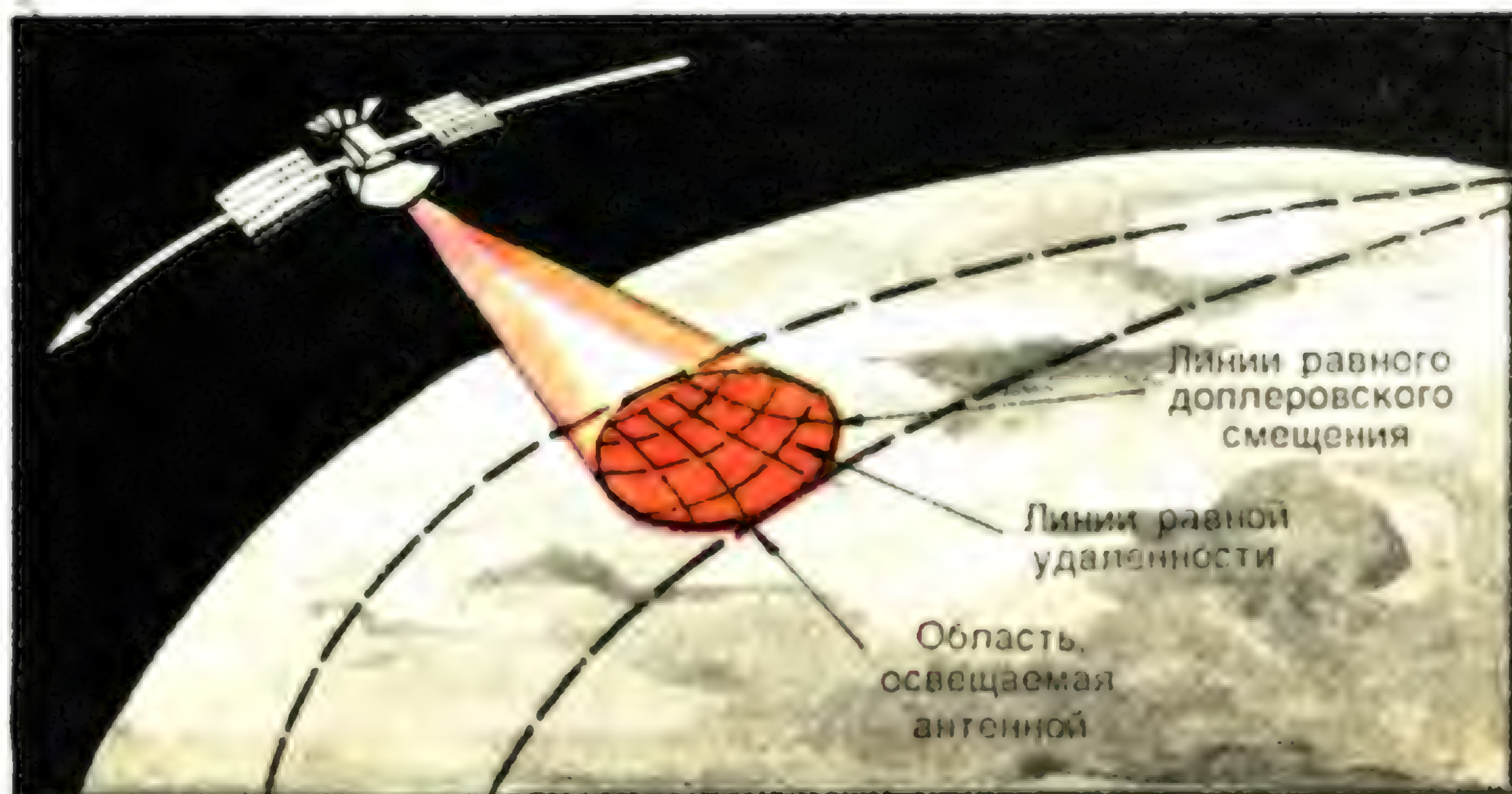
диолокаторы к планете: начались исследования с ее орбиты. Впервые глобальные исследования рельефа были проведены в 1978—1980 гг. с помощью радиовысотометра американского космического аппарата «Пионер — Венера». Объединяя профили высот, измерявшиеся по трассе полета аппарата, ученые построили топографическую карту поверхности с разрешением 50—150 км в пределах от 75° с. ш. до 60° ю. ш. На ней впервые были обнаружены возвышения континентального типа, холмистые равнины, гладкие низменности.

Первая радиолокационная карта Венеры с разрешением 1—2 км и карта высот от северного полюса до 30° с. ш. (это четверть всей поверхности) была получена в 1983—1984 гг. по наблюдениям с борта советских орбитальных станций «Венера-15» и «Венера-16». Анализ полученных данных показал, что рельеф сформирован, в основном, процессами базальтового вулканизма и тектоническими деформациями венерианской коры. Анали-



Устройство КА «Магеллан». 1 — широконаправленная антенна, 2 — остронаправленная антенна, 3 — передний аппаратный модуль, 4 — СДН-антенна, 5 — твердотопливный ракетный двигатель, 6 — панели солнечных батарей, 7 — разгонный блок, 8 — антенна высотомера, 9 — аппаратный блок

Двигаясь по орбите, «Магеллан» производит радиолокационную съемку местности слева от себя по ходу движения



зируя изображения 150 обнаруженных ударных кратеров, ученые смогли оценить геологический возраст изученной поверхности. Полученный при этом поразительный вывод — отсутствие признаков тектоники плит (процесса, сформировавшего земную кору) — одно из самых значительных открытий экспедиции.

ИСТОРИЯ ПРОЕКТА

Радиолокационная съемка поверхности Венеры в американском проекте, названном по имени великого путешественника XVI в. Фернана Магеллана — кульминационный момент в тридцатилетнем «научном штурме» планеты учеными нашей страны и США. Его основная цель: охватить радиолокационными исследованиями всю поверхность Венеры и сделать это с небывалым разрешением — 120—360 м. Предусматривались и другие исследования — изучение морфологии и электрических свойств поверхности для воссоздания истории вулканических, тектонических и ударных процессов, получение данных об аномалиях гравитационного поля. Высокая детальность данных позволит изучить эрозионные и эоловые процессы, поможет обнаружить изменения на поверхности за время проведения эксперимента

(при повторной съемке одной и той же области).

Американскому проекту радиолокационной съемки Венеры почти двадцать лет. Идея была выдвинута в конце шестидесятых годов, а научные задачи экспедиции были сформулированы учеными из Лаборатории Реактивного Движения (ЛРД, г. Пасадена, Калифорния) в 1972 г. Поначалу этот эксперимент планировался как многоцелевой, но сокращение финансирования космических исследований в США в начале 80-х гг. привело к тому, что проект «Магеллан» был признан чрезмерно дорогим, и в 1982 г. его финансирование было прекращено. В конце 1983 г. после серьезного пересмотра научной программы и резкого уменьшения числа научных приборов финансирование было возобновлено, но в объеме, вдвое уступающем первоначальному.

В целях экономии было решено использовать, где только возможно, готовые технические решения предыдущих космических проектов США. Так на «Магеллане» появились остронаправленная антенна диаметром 3,7 м и радиосистема из программы «Вояджер», система управления и передачи данных, процессор управления ориентацией, бортовые магнитофоны, подсистемы питания — из эксперимента «Галилео». Разработанное специально для «Магеллана» оборудование составляет лишь 30 % всей массы космического аппарата. В основном, это радиолокационная система и солнечные панели.

Катастрофа «Челленджера» в 1986 г. серьезно задержала реализацию всей космической программы США, что сказалось и на проекте «Магеллан»: съемка Венеры началась почти на 2 года позже запланированного срока.

На борту «Магеллана» установлен единственный научный инструмент — радиолокационная система, с помощью которой предполагается выполнить и радиолокационную съемку, и измерение профилей высот, и регистрацию естественного теплового радиоизлучения поверхности.

В верхней части космического аппарата укреплена чаша антенны с острой диаграммой направленности (ОДН) для радиолокационной съемки и связи с Землей. Передача информации ведется одновременно на двух длинах волн: телеметрическая, о состоянии аппарата в S-диапазоне (на длине волны 12,6 см) со скоростью 1,2 килобита в секунду (кбит/с), а в X-диапазоне (3,6 см) со скоростью 268,8 кбит/с транслируются огромные массивы радиолокационных данных. Ширина диаграммы направленности этой антенны — $2,2^\circ$ в S-диапазоне и $0,6^\circ$ в X-диапазоне.

Над ОДН-антенной расположена еще одна, небольшая с широкой (до 90°) диаграммой направленности. Она используется для приема команд с Земли в тех случаях, когда ОДН-антенна не может быть направлена точно на Землю. Прямоугольный рупор антенны высотомера расположен сбоку от ОДН-антенны — угол между их электрическими осями равен 25° . Во время съемки она направлена в находящуюся прямо под аппаратом область поверхности, в то время как радар «освещает» область сбоку от трассы полета. Ширина диаграммы направленности высотомера в боковом направлении — 29° , что позволяет уверенно принимать отраженный от под-

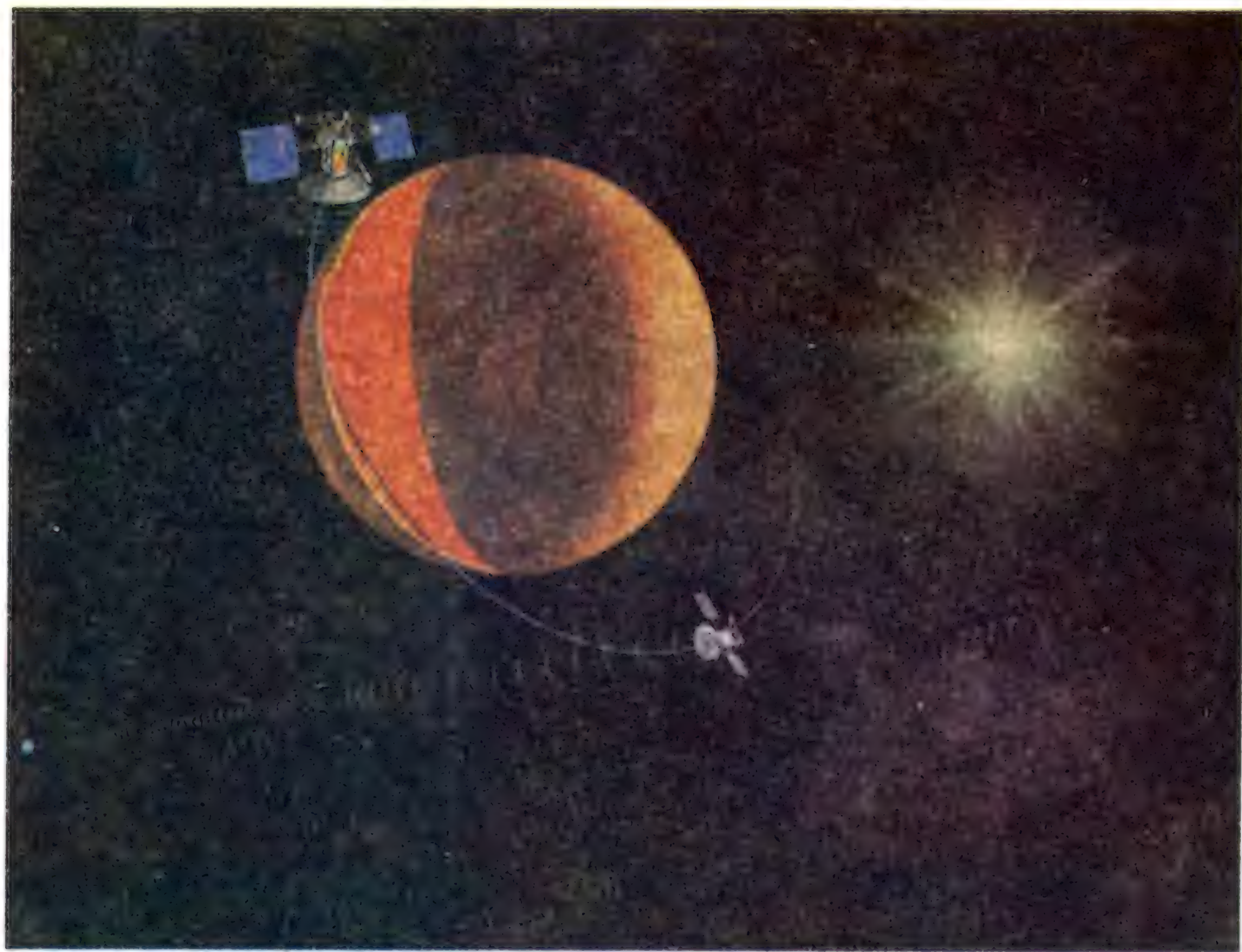
спутниковой области сигнал при изменении угла обзора поверхности от 18° до 55° .

Передний, аппаратный, модуль размером $1,7 \times 1,0 \times 1,3$ м расположен под основной антенной. Здесь находятся радиолокационная система, оборудование для радиосвязи, блоки питания. Непосредственно под ним — десятигранный аппаратный блок (разработанный ранее для КА «Вояджер»), содержащий бортовые компьютеры, магнитофоны, систему управления солнечными панелями и некоторые другие узлы. На одной из граней этого блока размещена антенна конической формы со средней (до 18°) диаграммой направленности. Она использовалась, в основном, для приема команд с Земли и передачи инженерной телеметрической информации во время межпланетного перелета и при выполнении маневра по выходу на орбиту Венеры. По бокам аппарата установлены две солнечные панели размером $2,5 \times 2,5$ м мощностью 1,2 кВт.

Твердотопливный реактивный двигатель предназначен для выполнения коррекций траектории и вывода «Магеллана» на орбиту Венеры. Набор маленьких жидкостных реактивных двигателей используется для коррекции орбиты непосредственно во время эксперимента. Реактивный буксир IUS (разработан ВВС США и часто применяется для межорбитальных перелетов и других АМС и ИСЗ), пристыкованный к нижней части КА, придаст «Магеллану» скорость, необходимую для межпланетного перелета, вскоре после чего буксир был отделен от КА.

Используются три режима: «радар с синтезированной апертурой», «высотомер» и «радиометр». Первые два — активные. Излученный антенной сигнал (S-диапазон) отражается от поверхности планеты и регистрируется в цифровом коде на бортовых магнитофонах. Вариации уровня отраженного сигнала говорят об ориентации отражающей поверхности, ее свойствах и уклонах рельефа. Регистрируя запаздывание отраженного сигнала высотомера, можно вычислять расстояние от аппарата до подспутниковой точки, т. е. строить профиль рельефа.

Площадь облучаемой области поверхности зависит от ширины диаграммы антенны и удаления отражающей области. При работе РЛС в режиме, когда съемка ведется в ближайшей к планете точке орбиты, размер пятна составляет около 20 км. Для повышения разрешающей способности изображения используется метод **синтезирования апертуры**, основанный на селекции отраженных сигналов в соответствии с дальностью и радиальной скоростью (доплеровским сдвигом частоты) отражающей поверхности. Линии равного доплеровского сдвига и равной дальности как бы делят облучаемый участок на ячейки, величина которых и определяет разрешающую способность изображения. Для достижения максимального разрешения необходима когерентная обработка отраженных сигналов на интервале времени, превышающем время прохождения сигнала от аппарата до поверхности и обратно. Поэтому радар работает импульсами, чередуя излучение и прием. В течение сеанса из-за эллиптичности орбиты условия съемки (ско-



На этом рисунке показаны два положения «Магеллана» на орбите вокруг Венеры. Находясь в ближайшей к планете части орбиты, аппарат поворачивается антенной радиолокатора к ее поверхности и производит съемку узкой полосы. Удалившись затем от планеты, он нацеливает антенну на Землю и передает накопленную информацию. За время одного орбитального оборота «Магеллана» Венера, вращаясь, успевает повернуться на угол, позволяющий аппарату на следующем витке снять полосу рядом с предыдущей. Полная съемка поверхности будет закончена за один полный оборот Венеры вокруг своей оси (243 земных суток)

рость аппарата и его высота) меняются, поэтому для сохранения разрешающей способности меняется и число излучаемых радаром импульсов (интервал когерент-

ной обработки). В режиме высотомера этот интервал меньше времени распространения сигнала до поверхности и обратно. Здесь циклы излучения и приема не перекрываются.

Применение этого метода, помимо всего прочего, позволило достичь небывалого ранее уровня разрешения вдоль трассы полета — до 120 м, а поперек — 120—360 м. При работе же в режиме высотомера разрешающая способность достигает 2—3 км. Некоторые параметры работы радиолокационной системы (число импульсов, частота повторения, период циклограммы) меняются в течение сеанса около 4000 раз по командам бортового компьютера. Набор команд обновляется в сеансах связи с Землей 2—3 раза в неделю.

Радиометрический режим работы — это пассивный ре-

жим, заключающийся в регистрации уровня естественного теплового радиоизлучения поверхности планеты (используется ОДН-антенна).

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

4 мая 1989 г. астронавты космического корабля «Атлантис» вывели «Магеллан» на орбиту Земли (впервые межпланетная станция стартовала с помощью корабля «Спейс Шаттл»). Реактивные двигатели разгонного блока направили «Магеллан» по траектории к Венере. После 15-месячного перелета 10 августа 1990 г. аппарат достиг окрестностей планеты и, в результате точно выполненного маневра торможения, вышел на заданную эллиптическую орбиту с периодом обращения 3,26 ч, высотой в перигентре (ближайшей к поверхности точке орбиты) 297 км.

Работа «Магеллана» на орбите началась с планового тестирования и калибровки бортовой аппаратуры. Но кто же мог ожидать, что именно этот этап эксперимента окажется самым драматичным? Передавая данные пробной съемки при выполнении второго теста радара, аппарат потерял связь с Землей, восстановить которую удалось лишь спустя 15 ч. Пятью днями позже, во время очередного сеанса сигнал был вновь потерян. Попытка вызвать аппарат на связь через 4 ч не увенчалась успехом, и только через 18 ч после посылки «вслепую» на борт команд, изменивших порядок выполнения программы бортового компьютера, удалось добиться его управляемости.

Подобные сбои дважды происходили и впоследствии, во время регулярной съемки. Их причина выяснилась лишь через 8 месяцев, когда на Земле отказал дублирующий комплект бортовой аппаратуры. Исследование содержимого памяти компьютера, управляющего ориентацией, выявило ошибку в программном обеспечении. При некоторых условиях этот компьютер «зацикливался», и аппарат терял ориентацию. Проблема была решена после передачи на борт исправленной управляющей программы.

В целом же, тесты показали исправность бортовых систем и научной аппаратуры, а сеансы пробной съемки подтвердили ожидаемую высокую детальность и качество изображений.

Регулярная радиолокационная съемка началась 14 сентября 1990 г. Она выполняется, когда аппарат, двигаясь по вытянутой эллиптической орбите, находится в ближайшей к планете ее части. За 37 мин «Магеллан» снимает полосу поверхности (слева по ходу движения) шириной 25 км и



длиной около 16 000 км. Одновременно проводятся измерения высоты аппарата над поверхностью и регистрация естественного теплового радиоизлучения. За это время угол обзора поверхности радиолокатором плавно меняется. В периферии он равен 50° , а в районе полюсов, где съемка ведется с высоты 2100 км, угол уменьшается до 18° . При этом отраженный сигнал не ослабевает с удалением аппарата от планеты.

После завершения съемки «Магеллан» совершает разворот, направляя антенну радиолокатора на Землю, и в течение 112 мин передает информацию с магнитных накопителей. Бесперебойный прием этих данных обеспечивается слаженной работой трех станций сети дальней космической связи, расположенных близ Канберры (Австралия), Мадрида (Испания) и в Голдстоуне (США).

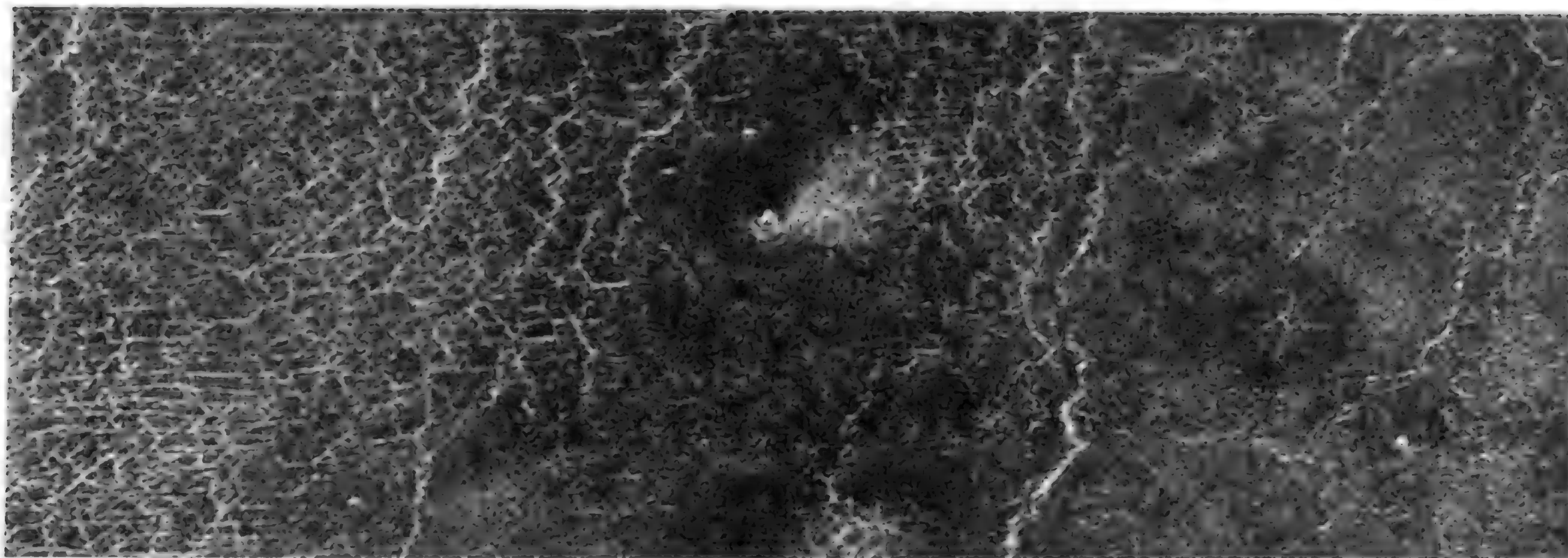
Цифровая обработка данных, включающая синтез апертуры, некогерентное накопление сигнала и построение полосы изображения в синусоидальной проекции, выполняется в ЛРД. Данные высотометра и радиометри-

На этом снимке кратера Голубкина хорошо видна разница в детальности изображений, переданных советскими «Венерами-15 и -16» и «Магелланом». На более отчетливом изображении «Магеллана» разрешение достигает 120 м

ческие наблюдения анализируются специалистами центра космических исследований Массачусетского технологического института (Кембридж, США).

За время между сеансами съемки Венера успевает повернуться на некоторый угол. Поэтому период орбиты КА был выбран так, что соседние полосы имеют некоторое перекрытие. В районе экватора оно незначительно, а в более высоких широтах, естественно, больше.

К 15 мая 1991 г., через 243 дня после начала регулярной съемки, Венера совершила полный оборот относительно плоскости орбиты аппарата (пространственная ориентация плоскости орбиты спутника практически не изменяется при отсутствии внешних воздействий).



На этом снимке участка поверхности Венеры (40×112 км, север вверху, видны возможные следы вулканических выбросов (светлые шлейфы, протянувшиеся от гор в центре снимка). Подобные образования известны и на Земле. Район горы Ушас



Темный (более гладкий, чем окружающая поверхность) поток лавы, находящийся к югу от равнины Навка (14,5° ю. ш. и 335° в. д.). Размер области 20×80 км. В центре, по-видимому, заметны следы более старого потока
По информационным материалам НАСА и ЛРД

Основная задача первого цикла — планомерная, с минимальным количеством пропусков съемка, — была выполнена. В 1800 сеансах было исследовано 84 % поверхности от северного полюса до 80° ю. ш. По оценкам руководителей эксперимента, полученная информация превышает объем данных всех предыдущих планетных экспедиций.

Однако столь сложный эксперимент не мог пройти без проблем. Так, ненадежная работа одного из бортовых магнитофонов привела к

потере данных нескольких десятков сеансов съемки. Экранирующие свойства солнцезащитного покрытия аппарата ухудшились значительно больше, чем предполагалось. Вследствие этого при определенных взаимных положениях «Магеллана», Земли и Солнца аппарат так перегревался, что приходилось укорачивать сеансы съемки и связи. Ошибка в программе компьютера управления ориентацией аппарата привела к потере 18 сеансов. Были и менее существенные потери.

Основной задачей второго цикла стала съемка наиболее крупных пропусков первого цикла. Кроме того, осуществлена съемка южного полюса. Был проведен ряд тестов, проверяющих нестандартные режимы работы радиолокатора. Второй цикл работы «Магеллана» завершился 15 января 1992 г. К этому времени съемка охватила 95 % поверхности Венеры.

Что же нового обнаружено на Венере? Сравнивая изображения северной полярной области, полученные «Магелланом» и «Венерами», можно заметить, что области с сильно пересеченным рельефом выглядят одинаково, несмотря на различие в величине углов обзора и направления съемки. Однако преимущество на порядок лучшей детальности изображений «Магеллана» очевидно. Ясно различимая на изображениях «Магеллана» зона ударного выброса вокруг ги-

гантского кратера Клеопатра на склоне гор Максвелла стала одним из основных доводов, решивших многолетний спор ученых о его природе.

Существенно отличаются друг от друга изображения холмистых равнин и гладких лавовых низменностей. Главная причина — угол обзора на «Венерах» был около 10° , а на «Магеллане» — более 18° . Дело в том, что при малых углах обзора радиолокатор более чувствителен к крупномасштабным уклонам поверхности, а при больших — подчеркивает резкие перепады рельефа, разломы, трещины, мелкомасштабную ее шероховатость.

Отличное качество изображений, переданных «Магелланом», позволило обнаружить новый тип вулканических образований на Венере — **лавовые купола** 20 км в диаметре и 1 км в высоту, образованные излиянием вязкой лавы и условно названные «блинами». На изображениях, полученных по результатам съемки с «Венер», они были едва заметны и не привлекли внимание исследователей (Земля и Вселенная, 1992, № 3, с. 44.— Ред.).

На поверхности планеты имеются полосы — следы ветров с подветренной стороны топографических возвышений. Изучение направлений этих полос дает представление о циркуляции атмосферы в приповерхностном слое. Подтвержден вывод, сделанный ранее совет-

скими учеными, что геологическое строение поверхности Венеры в основном определяется вулканическими и тектоническими процессами. Геологическое строение четверти площади планеты, отснятой «Венерами-15 и -16», типично для всей планеты.

Сейчас «Магеллан» заканчивает третий цикл наблюдения. На очереди — проведение исследований гравитационного поля по измерению флюктуаций орбиты аппарата. Составлен план предстоящих научных экспериментов, предусматривающий стереоскопическую съемку поверхности, бистатическую радиолокацию, радиопросвечивание атмосферы, интерферометрические измерения рельефа с соседних орбит. Ученые предполагают перевести аппарат на круговую орбиту с низкой (250 км) высотой, используя его торможение в верхних слоях атмосферы, что позволит повысить разрешение радиолокационных изображений и детальность гравиметрических измерений.

Для осуществления этих планов «Магеллан» должен проработать еще четыре цикла — вплоть до 1995 г. Пожелаем нашим американским коллегам успешно выполнить все намеченное, ведь новых полетов к Венере в ближайшие десятилетия не предвидится...

«Галилео»: первая фотография астероида

Д. Ф. ЛУПИШКО,
кандидат физико-математических наук
Харьковский Государственный университет

ПОЧЕМУ ИМЕННО ГАСПРА?

...80 лет назад молодой пулковский астроном Г. Н. Неуймин (1886—1946 гг.) организовал в Симеизском отделении Пулковской обсерватории систематические позиционные наблюдения малых планет — астероидов. 30 июня 1916 г. он открыл очередной такой объект, получивший впоследствии постоянный номер 951 и имя курортного поселка Гаспра на Южном берегу Крыма.

Гаспра — небольшой астероид главного пояса с орбитой, расположенной во внутренней части пояса, и большой полуосью, равной 2,21 а. е. Fe средний размер составляет примерно 16 км, а визуальное альbedo — около 15 %. В октябре 1982 г. в рамках программы восьмицветной фотометрии астероидов, осуществленной в Аризонском университете (США), был получен спектр Гаспры в области 0,34—1,04 мкм. Из его анализа следовало, что этот астероид

Свершилось! Мы берем в руки и трепетно рассматриваем первую фотографию астероида. Это 951 Гаспра — астероид, которому больше других «повезло» — первому «позировать» перед объективом камеры. Такими ли их представляли все это время! Своими впечатлениями делится известный специалист по изучению этих объектов, председатель Рабочей группы «Астероиды» Дмитрий Федорович Лупишко, принявший участие в пресс-конференции НАСА, посвященной первой фотографии астероида.

относится к объектам S — типа (силикатным), которых большинство во внутренней части пояса. Таким образом, Гаспра — обычный, ничем особенно не примечательный астероид, о котором до последнего времени почти ничего не знали.

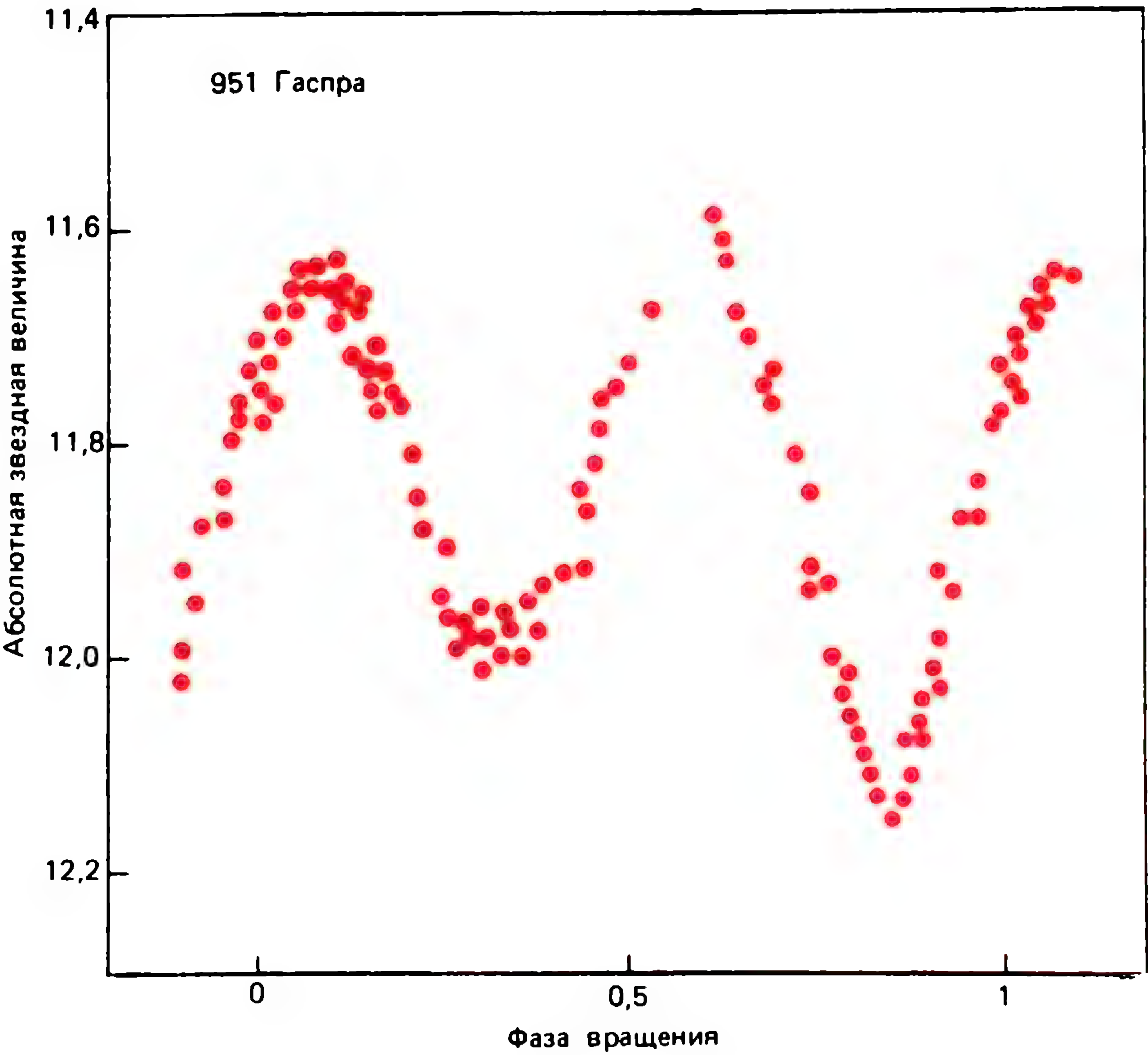
Ситуация существенным образом изменилась примерно три года назад, когда астероид под номером 951 был выбран в качестве одной из пролетных целей американского проекта «Галилео». Этот космический аппарат был запущен 18 октября 1989 г. с конечной целью достичь в декабре 1995 г. окрестностей Юпитера и в течение двух лет провести исследования самой планеты и ее спутников (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 70.— Ред.). Сблизившись с Венерой в феврале 1990 г. и ускорившись в поле ее тяготения, аппарат в декабре того же года снова возвратился в поле тяготения Земли. Пройдя совсем близко от нее, Галилео перешел на новую, более вытянутую орбиту с афелием во внутренней части пояса астероидов. Здесь должно было произойти сближение его с Гаспррой. Но почему именно с ней? Просто этому астероиду «повезло» больше, чем другим, и, прежде всего, из-за пара-

метров его орбиты.

И вот Гаспра становится одним из популярнейших объектов своего класса. О ней много пишут, говорят на совещаниях, научных конференциях. Специалисты с нетерпением ждут очередного ее появления на небосводе, когда можно будет провести детальные и всесторонние наблюдения. До расчетной даты сближения «Галилео» с астероидом остается всего лишь три периода видимости Гаспры, однако все они не совсем благоприятны для наблюдений в северном полушарии: ее склонение отрицательно, и блеск не превышает $14,3^m$, а кроме того, противостояние 1990 г. пришлось на зимние месяцы, когда погодные условия обычно не благоприятствуют наблюдениям. Именно поэтому нашим астрономам не удалось провести наблюдения Гаспры, а основные результаты получили американские и итальянские ученые на Гавайях и Южной Европейской обсерватории в Чили.

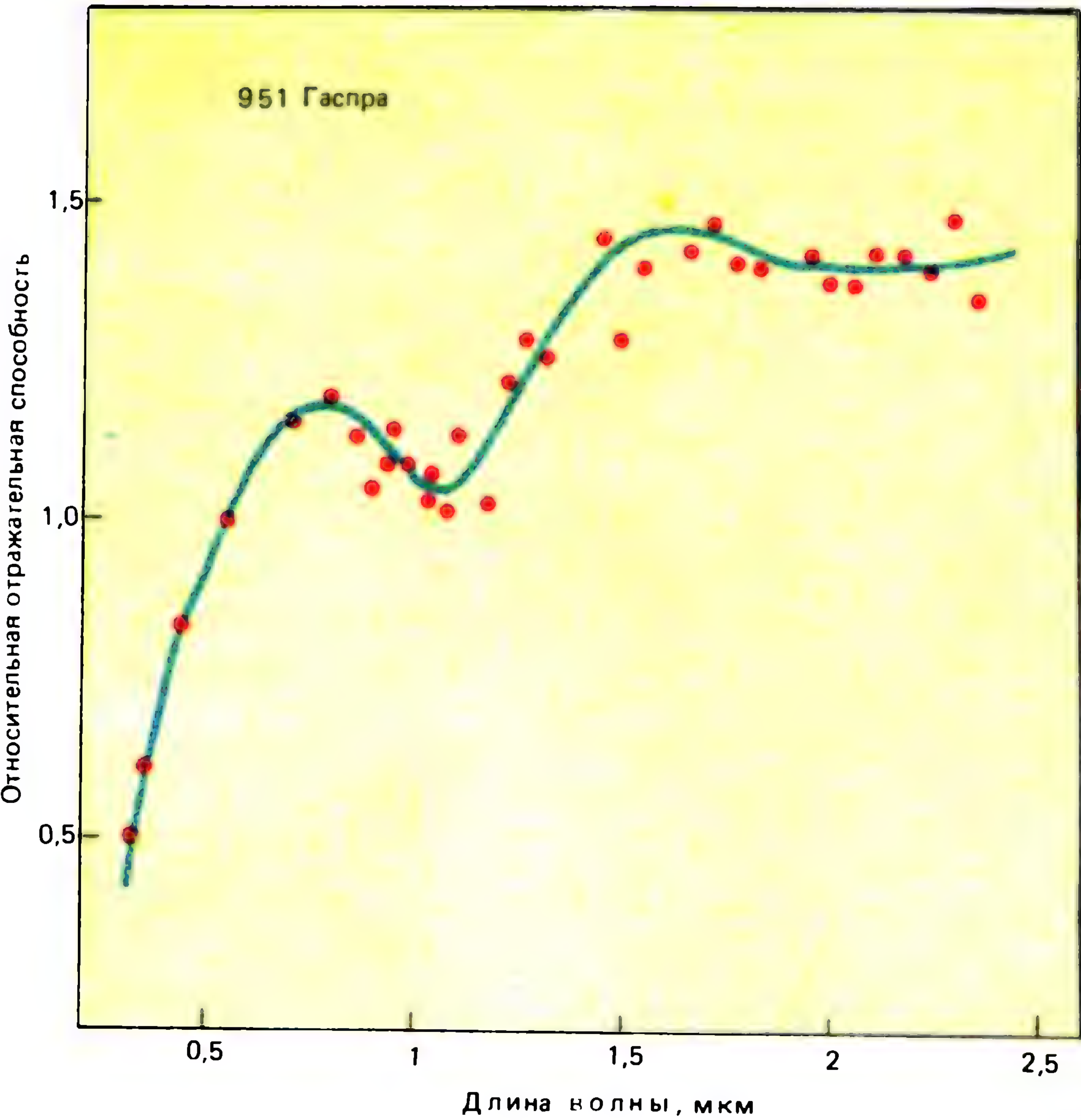
ЧТО БЫЛО ИЗВЕСТНО
О ГАСПРЕ РАНЬШЕ?

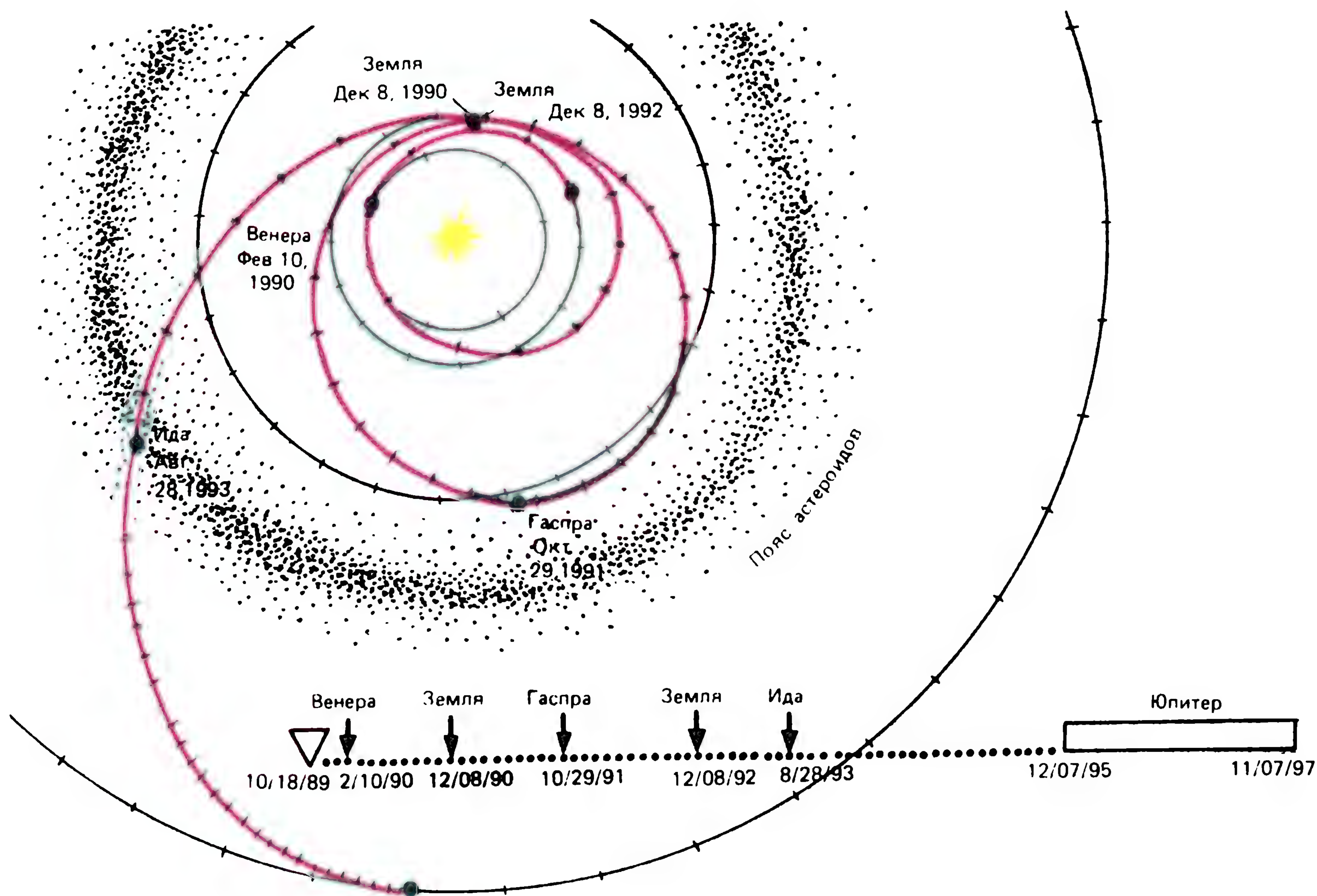
Кривая блеска этого астероида показывает изменение видимого блеска из-за вращения его вокруг своей оси. Она содержит очень ценную информацию о скорости и направлении вращения астероида, ориентации оси вращения в пространстве, о форме и оптических свойствах его поверхности. Обычно кривая содержит два максимума и два минимума на периоде вращения, а это означает, что у астероида удлиненная форма. Величина амплитуды кривой блеска зависит как от степени вытянутости тела, так и от ориентации оси вращения относительно наблюдателя. У Гаспры минимумы кривой блеска не одинаковы по интенсивности, что может быть



Кривая блеска Гаспры

Спектр отражения Гаспры





Траектория полета КА «Галилео»

обусловлено как формой, так и распределением альбедо по поверхности. Период вращения астероида составляет 7,042 ч. И по этому параметру Гаспра является вполне обычной малой планетой, поскольку значение периода 7—8 ч — наиболее типично для них. В целом же вид кривой блеска и ее амплитуда указывают на то, что она представляет собой удлиненное тело неправильной формы с соотношением осей примерно 1:1,5.

Спектр отражения Гаспры характеризуется сильным поглощением энергии в ультрафиолетовой области, глубокой полосой поглощения вблизи 1 мкм и широкой депрессией в области 2 мкм.

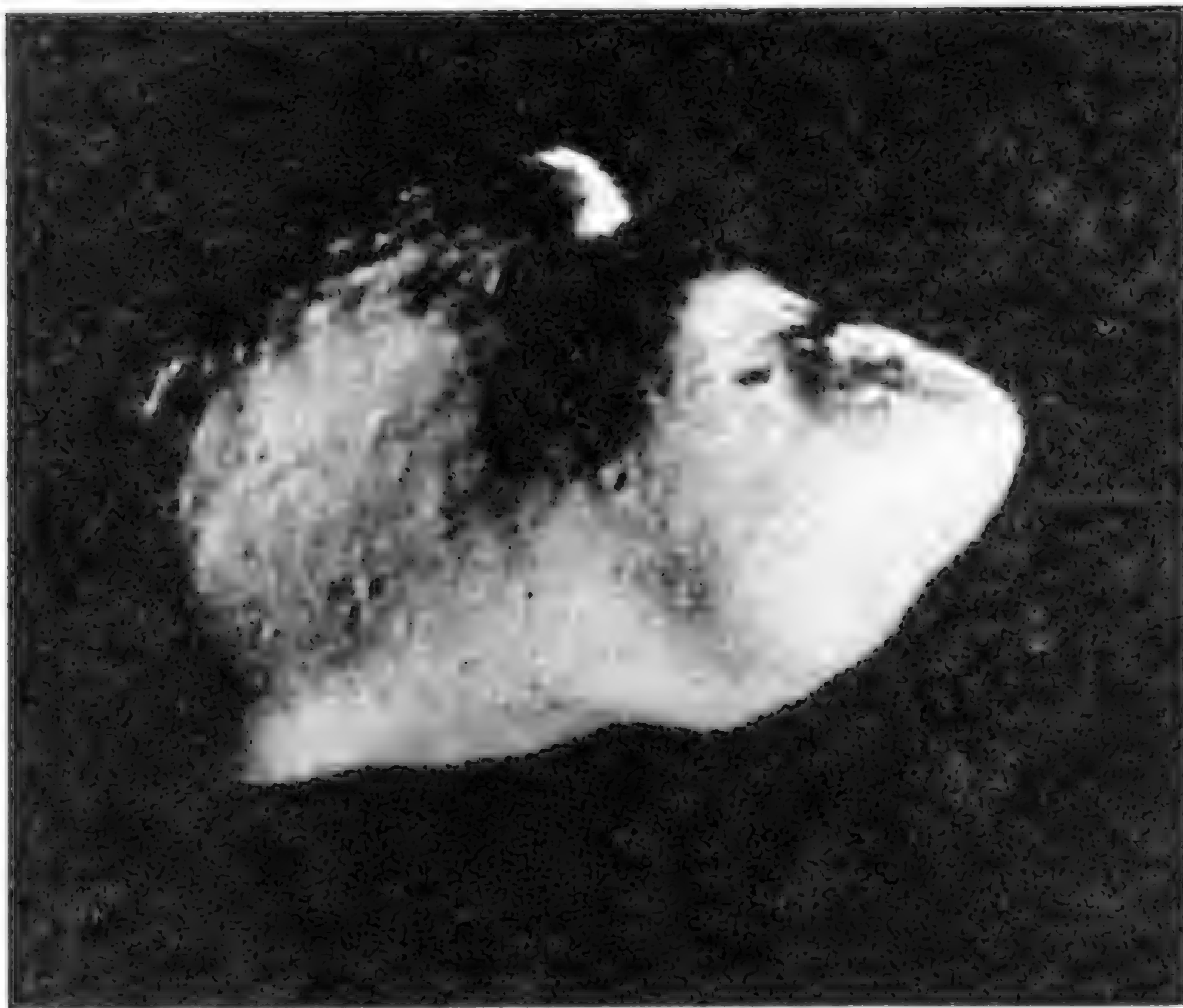
Последние две спектральные особенности обусловлены ионом Fe^{2+} в мафических минералах пироксенов и оливинов. Местоположение полосы $\lambda=1$ мкм определяется соотношением содержания оливина и пироксена, и в случае Гаспры означает, что на ее поверхности преобладает оливин. Общий наклон непрерывного спектра в видимой области и сходство его со спектрами хорошо изученных S-астероидов 8 Флора и 15 Эвномия указывают на довольно высокое содержание свободного железа (около 25 %). Такой состав вещества означает, что, вероятнее всего, Гаспра не является изначальной планетезималью, а представляет собой осколок нижней мантии протодифференцировавшегося родительского астероида, разрушенного катастрофическим столкновением. Об этом говорят и результаты моделирования истории

столкновений Гаспры с другими телами: вероятность «выживания» ее за время существования Солнечной системы оценивается всего лишь в 10 %. Скорее всего, это фрагмент более крупного тела, распавшегося 10^7 — 10^8 лет назад.

Вот наверное и вся информация о Гаспре, которой ученые располагали накануне встречи с ней КА «Галилео».

ПЕРВОЕ ФОТО

И вот, наконец, 29 октября 1991 г. От аппарата до Гаспры всего лишь 16 тыс км, однако как поймать в поле зрения камеры такой маленький объект? Пришлось сделать 150 снимков того участка неба, где, по расчетам, должна находиться Гаспра. Но какой из них передавать в первую очередь? Этот вопрос стоял очень остро, поскольку из-за технических



Фотография астероида 951 Гаспра, полученная КА «Галилео»

неполадок главная параболическая антенна космического аппарата не раскрылась, а вспомогательная обладает очень низкой скоростью передачи информации. Было решено начать с расчетных кадров, и — удача! Оказалось, что астрономисты очень точно предсказали положение астероида. Тем не менее на передачу лишь одного изображения потребовалось 80 ч. Вообще же удалось получить изображения астероида в синих, зеленых и инфракрасных (вблизи 1 мкм) лучах с интервалом между ними 8—15 с. Однако и эти изображения, и те, которые были получены позже с более высоким разрешением, будут передаваться на Землю в конце 1992 г., когда «Галилео» снова сблизится с Землей.

А через полмесяца, 14 ноября 1991 г., в Лабо-

ратории реактивного движения (JPL), расположенной в местечке Пасадена близ Лос-Анджелеса, состоялась пресс-конференция НАСА, посвященная первой фотографии астероида. В конференц-зале торжественно и нарядно: выставлены стенды с информацией о проекте «Галилео», макет космического аппарата, присутствуют известные ученые, журналисты. Пресс-конференцию открыл директор программы НАСА по исследованию Солнечной системы доктор У. Т. Хантрес, рассказавший об основных этапах исследований проекта «Галилео». Снимок Гаспры был показан на огромном экране и, конечно, произвел сильное впечатление.

О ЧЕМ РАССКАЗАЛА ФОТОГРАФИЯ?

Первое, что бросается в глаза при взгляде на это фото — неправильная форма астероида, причем даже более иррегулярная, чем можно было предположить по виду кривой его блеска. Кажется, нет сомнения в том,

что Гаспра — осколок более крупного тела, однако удивляют ее довольно округленные края (границы). Наиболее вероятная причина — столкновительные взаимодействия с другими телами пояса астероидов. Но чтобы обеспечить такую форму, эти взаимодействия должны быть довольно интенсивными, т. е. «дробильная машина» в поясе работает (или работала) вполне исправно. А это значит, что поверхности астероидов все время обновляются и не успевают «созревать», как это происходит на Луне. И тогда распределение кратеров на ней будет далеко не равновесным или насыщенным. Действительно, поверхность Гаспры выглядит не очень сильно кратерированной и довольно-таки гладкой, что, видимо, предполагает присутствие реголитового слоя. Отчетливо видны кратеры разных размеров: километровый — сверху и справа от центра, 1,7 км — слева на терминаторе, еще более крупный — сверху в центре (в тени) и множество диаметром в сотни метров. Как отмечал руководитель группы по получению снимков доктор М. Белтон, разрешение на этом снимке составляет 60—100 м. Освещенная часть астероида имеет размеры 16×12 км, ось его вращения проходит через центр изображения под углом примерно 45° к ориентации фотографии, так что северный полюс астероида находится вблизи левого верхнего угла изображения.

Множество вопросов возникает при рассмотрении фотографии этого небольшого астероида: какова толщина реголитового слоя на его поверхности и каков возраст самого тела? Какую информацию о потоке тел в поясе астероидов и их размерах могут дать нам сведения о распределении кратеров на поверхности Гаспры?

И пока мы размышляем над этими и другими вопросами и изучаем поверхность и форму Гаспры по ее фотографии, неутомимый труженик «Галилео» продолжает свое путешествие во внутренней части главного пояса астероидов. В декабре 1992 г., ровно через два года после предыдущего сближения, КА снова войдет в поле тяготения Земли, которое «выбросит» его на очень вытянутую орбиту к Юпитеру. Аппарат будет пересекать пояс астероидов, и, конечно же, американские ученые не упустят этот шанс: они запланировали еще одну встречу — 28 августа 1993 г. «Галилео» сближится с астерои-

дом 243 Ида. Это вдвое более крупное тело, чем Гаспра, тоже S-типа, однако в составе вещества преобладает пироксен (а не оливин, как у Гаспры), и, по видимому, его вещество — недифференцированное, подобное веществу наиболее распространенных в земных коллекциях метеоритов — обыкновенных хондритов. Будем надеяться, что результаты исследований таких непохожих S-астероидов, как Гаспра и Ида, позволят разрешить известную проблему родительских тел этого класса метеоритов.

Научная программа «Галилео» очень обширна — это исследования Венеры (полу-

чено около 80 ее снимков), Земли и Луны, астероидов Гаспра и Ида, Юпитера и его галилеевых спутников. Поздравим же наших американских коллег с уже достигнутыми успехами в выполнении этой программы и пожелаем им новых.

Считаю приятным долгом выразить свою благодарность сотруднику JPL, президенту «Комиссии 15» МАС, доктору А. Харрису за организацию моего пребывания в Лаборатории, а доктору М. Белтону — за предоставление фотографии Гаспры.

МАГАЗИН № 3 «КНИГА — ПОЧТОЙ»

«Академкнига» высылает наложенным платежом книги издательства «Наука»:

ЗУБАРЕВ В. М., КОЗЛОВ В. В., ЛЕБЕДЕВ В. В. Космонавты исследуют Землю. 1991, 176 с. 2 р. 80 к.

В книге рассказывается об использовании полученных с орбиты фотоснимков земной поверхности, результатов визуальных наблюдений, выполненных самими космонавтами по заданию геологов, другой космической информации, доставленной с помощью различных технических средств.

Книга рассчитана на читателей, интересующихся проблемами космического природоведения.

ШТЕРНФЕЛЬД А. А. Парадоксы космонавтики. 1991, 160 с. 1 р. 61 к.

В книге одного из пионеров космонавтики повествуется о «необычных» (с точки зрения «земного» опыта) явлениях, связанных с Солнечной системой, ракетами, взлетом и спуском космического корабля, полетом в пределах Земли, движением спутников, межпланетной навигацией (Земля и Вселенная, 1992, № 4, с. 33.— Ред.).

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами освоения космического пространства.

Адрес магазина: 117393, Москва, ул. Академика Пилюгина, д. 14, корп. 2.

Международный год космоса: повод для воспоминаний и размышлений

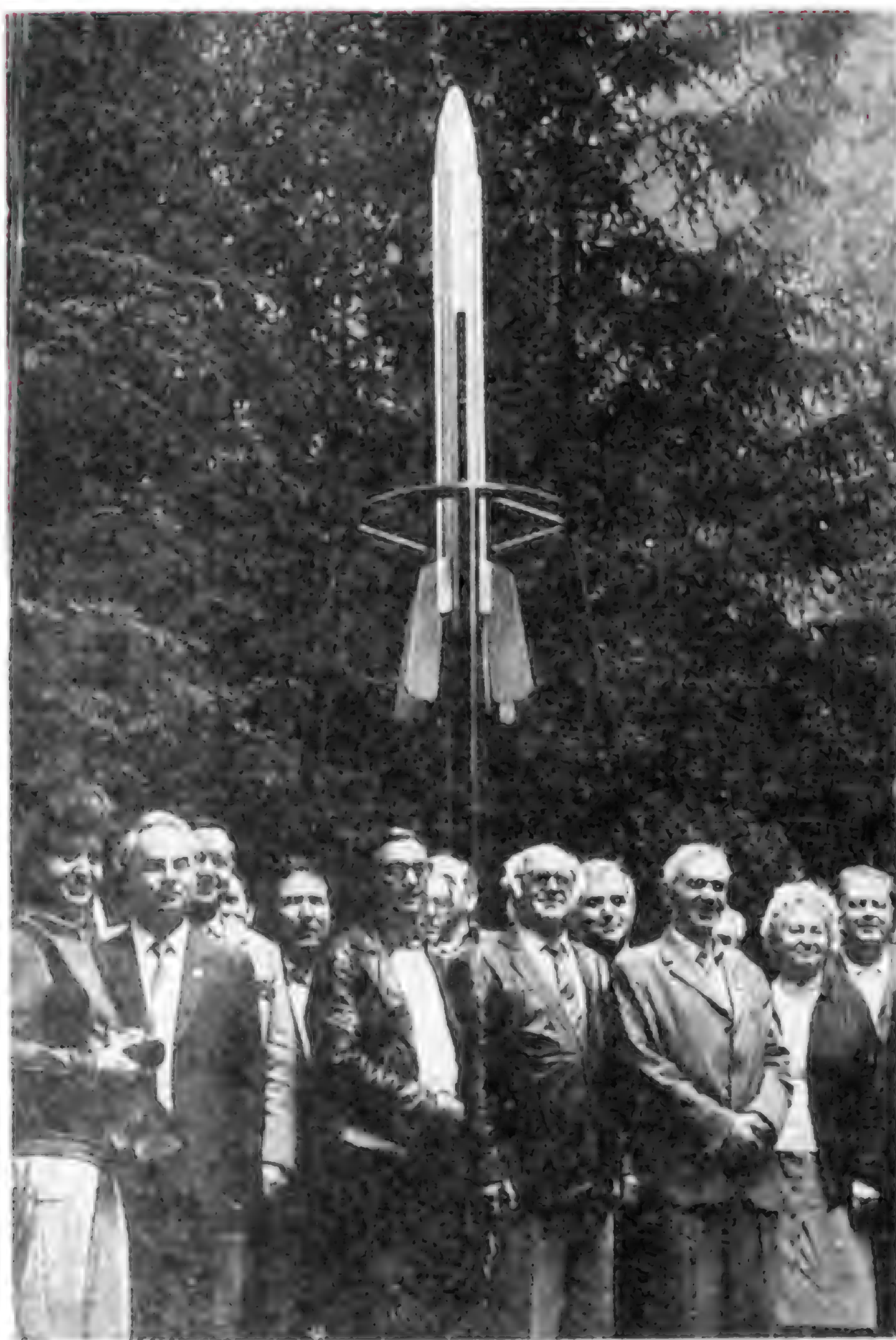
Спустя 35 лет после запуска в нашей стране первого ИСЗ, когда проводится Международный год космоса (Земля и Вселенная, 1991, № 1, с. 64), хотелось бы напомнить о некоторых событиях, связанных с Международным геофизическим годом (1957—1958 гг.)...

ТОГДА МЫ БЫЛИ ПЕРВЫМИ...

В 50-х гг. в США сравнительно гласно, а в нашей стране строго секретно шла напряженная работа — создавался первый искусственный спутник Земли. В 1954 г. С. П. Королев представил в Кремль предложения по этому вопросу. К документу прилагалась записка «Об искусственном спутнике Земли», подготовленная М. К. Тихонравовым (Земля и Вселенная, 1991, № 6, с. 54) на основании исследований, выполненных в 1947—1954 гг. под его руководством небольшой группой в НИИ-4 Академии артиллерийских наук. К записке прилагался материал о подобных работах в США, проводящейся коллективом Вернера фон Брауна, конструктора ракеты «Фау-2».

Американская национальная академия наук объявила: «Первая искусственная Луна будет нашей». Сенат США одобрил программу «Авангард» — запуск нескольких малых спутников. Американцы торопились: им очень хотелось опередить русских, которые вдруг заговорили о космосе.

Действительно, в 1955 г. на заседании Комитета по проведению Международного геофизического года (МГГ) в Брюсселе, академик И. П. Бардин и еще раньше на Астронавтическом конгрессе в Копенгагене академик Л. И. Седов заявили о намерении Советского Союза запустить искусственные спутники Земли во время Геофи-



Ветераны на месте старта первой отечественной жидкостной ракеты конструкции М. К. Тихонравова (полигон в Нахабино под Москвой). На снимке третий справа — участник пуска, гирдовец Е. М. Матысик

зического года «раньше США, и по размеру и весу больше американских». В майском и июньском номерах журнала «Радио» также говорилось о том, что отечественные спутники, которые будут запущены в период МГГ, оборудуются радиоаппаратурой и связь с ними обеспечат наземные средства слежения, приоткрыв этими выступлениями обычную завесу секретности. И академиков, и журнал, конечно, соответствующие органы серьезно отчитали за «недопустимую откровенность». Однако в эти дни газета «Нью-Йорк таймс» писала, что «СССР значительно отстает от США...». И действительно, в сентябре 1956 г. американцы предприняли попытку запуска спутника «Авангард», но она не удалась — ракета-носитель взорвалась на стартовой позиции.

Тем временем в СССР были созданы космодром и командно-измерительный комплекс, а 21 августа 1957 г. произведен пуск межконтинентальной ракеты Р-7 (Земля и Вселенная, 1991, № 5, с. 51), что позволило решить две важнейшие задачи: восстановить военный паритет двух великих держав, находившихся тогда в состоянии «холодной войны» («семерка» стала потенциальным средством доставки атомной бомбы в любой район планеты), и вывести на орбиту 4 октября 1957 г. первый в мире искусственный спутник Земли.

После запуска первого спутника и второго, с собакой Лайкой на борту, по адресу «Москва, Спутник» с 5 октября по 30 ноября 1957 г. пришло 86 645 писем, телеграмм, бандеролей и посылок (из доставляли с Главпочтамта в наш НИИ-4 буквально

мешками). Откровенно говоря, мы, участники запусков, не ожидали такого восторга.

Лишь 1 февраля 1958 г. США вывели свой первый спутник «Эксплорер» («Исследователь»). Всего в том году было запущено семь американских и один советский спутник. Так началась космическая эра человечества. В 1959 г. запусками трех межпланетных станций в СССР были начаты исследования Луны, а в октябре получены снимки ее обратной стороны. В опубликовании их, правда, нас опередил английский ученый Б. Ловелл, принявший телевизионные сигналы от «лунника» на радиообсерватории Джодрел-Бэнк. В 1959—1976 гг. Советский Союз запустил 24 станции серии «Луна» и 8 — серии «Зонд». С их помощью впервые были осуществлены мягкая посадка на Луну, многомесячная работа на ее поверхности двух «Луноходов», возвращение станций на Землю, доставка лунного грунта.

Очередной этап исследований Вселенной был начат 12 февраля 1961 г. запуском в сторону Венеры первой в мире автоматической межпланетной станции. Для этого близ Евпатории был создан Центр дальней космической связи.

Важнейшим событием мировой космонавтики стал первый орбитальный полет человека 12 апреля 1961 г. За ним последовали более сложные полеты и работа людей в открытом космосе.

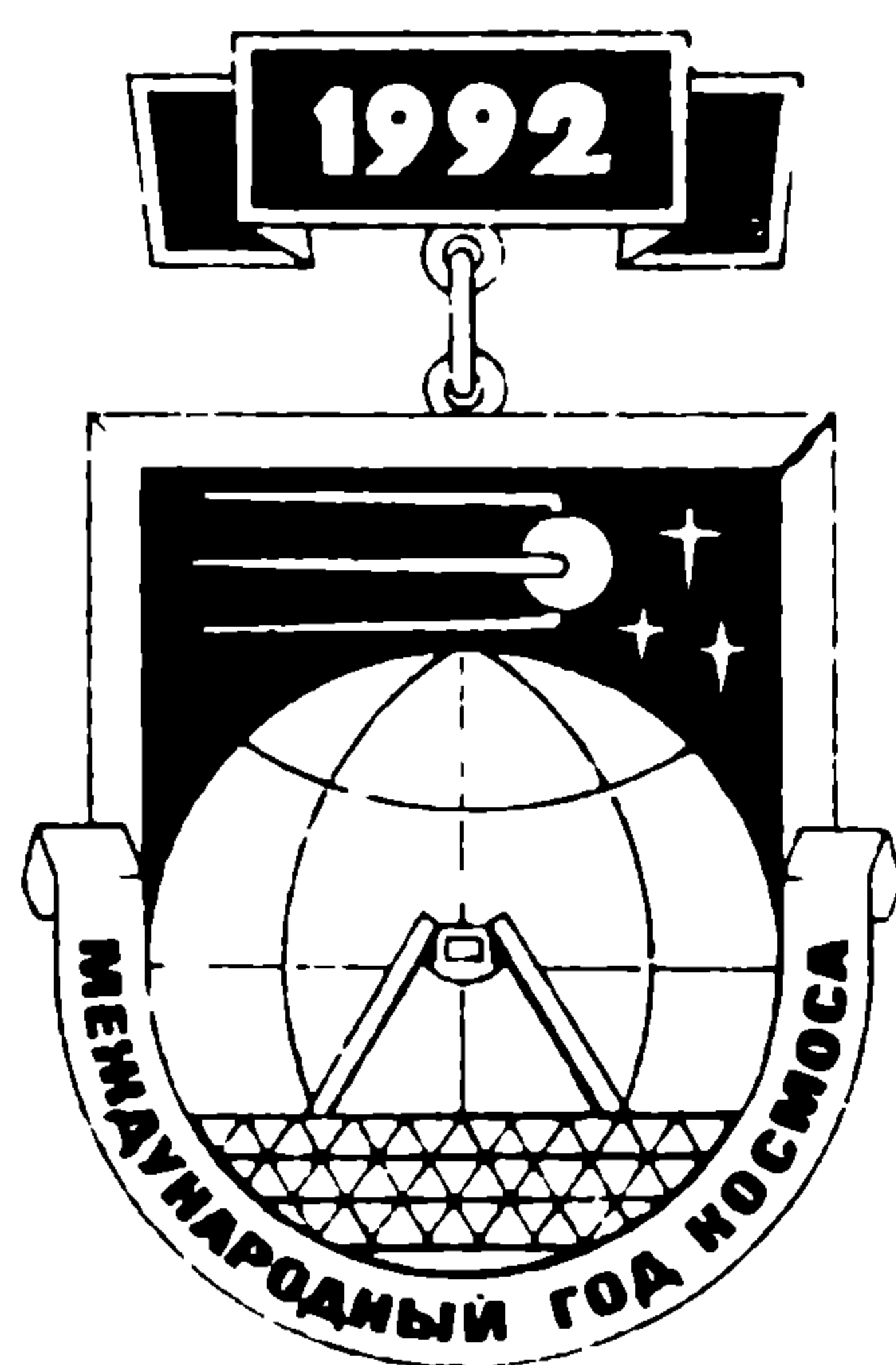
Но на космическом пути человечества были не только успехи. Мы никогда не забудем гибель многих десятков специали-



Байконур, около 7 ч утра 12 апреля 1961 г. Последние напутствия перед посадкой в корабль «Восток». На снимке (слева направо): старший лейтенант Ю. А. Гагарин, главнокомандующий ракетными войсками стратегического назначения маршал Советского Союза К. С. Москаленко, Главный конструктор С. П. Королев



Встречи и воспоминания... Слева направо: член-корреспондент РАН Б. Е. Черток, полковник Б. А. Покровский, академик РАН А. Ф. Богомолов



Знак «1992 — Международный год космоса», выпущенный по заказу Совета ветеранов КИК Московским монетным двором. Художник Б. В. Трифонов

стов, в том числе и маршала М. И. Неделина, в результате взрыва ракеты на старте, гибель В. М. Комарова, В. Н. Волкова, Г. Т. Добровольского и В. И. Пацаева, трагедию «Челленджера». Но жертвы не могут остановить развитие одной из самых молодых и перспективных наук — космонавтики, сулящей, как писал ее основоположник К. Э. Циолковский, «горы хлеба и бездну могущества». За годы пилотируемых полетов вне Земли работали 264 человека из 23 стран. Среди них были 17 отважных женщин, в том числе и две наши — В. В. Терешкова и С. Е. Савицкая. На американских кораблях летали более 180 человек, на отечественных — немного меньше (на 25 мая 1992 г. в СССР и в России стартовали в космос 69 человек, а всего в мире — 273), но продолжительность работы людей на наших кораблях и орбитальных станциях составила за это время около 22 человеко-лет, а на американских — около 7.

КОНФЕРЕНЦИЯ ВЕТЕРАНОВ КОСМОНАВТИКИ: «МЫ СЛУЖИМ ПАМЯТИ...»

Об этом и о многом другом, ранее засекреченном, говорили участники конференции военных ветеранов космонавтики, посвященной Международному году космоса, которую организовал Совет ветеранов командно-измерительного комплекса (КИК). Она состоялась 18 апреля 1992 г. в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Кстати, его выпускник, а ныне ректор института, В. П. Савиных три раза участвовал в сложнейших космических экспедициях.

На Конференции впервые было открыто сказано о роли и вкладе в развитие космонавтики военных ученых, испытателей, конструкторов, организаторов науки и производства: А. И. Соколова, Г. А. Тюлина, А. Г. Карася, Г. С. Нариманова, М. К. Тихомирова, Е. С. Губенко. В зале — лауреаты Ленинской и Государственной премий, видные военные ученые и конструкторы. Среди них: П. А. Агаджанов, Ю. А. Мозжорин, Н. Ф. Шлыков и другие.

На Конференции прозвучала и озабоченность по поводу атак на космонавтику, в которых, в частности, участвуют некоторые народные депутаты.

Сегодня «критики» отечественной космонавтики сокрушают ее прошлое, забывая о достижениях, смакуют неудачи, в общем-то неизбежные в любом большом новом деле. А между тем, еще в период непримиримой конфронтации, в день высадки американских астронавтов на Луну, агентство ЮПИ напоминало соотечественникам и всему миру: «Нельзя забывать о заслугах пионеров космоса, давших сведения, которые сделали возможным это замечательное достижение (высадку на Луну. — Б. П.). Первый искусственный спутник был советским. Первые люди в космосе были русскими. Все основные достижения в космосе сделаны СССР...».

Нынешним ниспровергателям космонавтики нелишним будет напомнить и слова Пушкина: «Уважение к минувшему — вот черта, отделяющая образованность от дикости». Уважением к минувшему космонавтики проникнута и деятельность Совета ветеранов КИК. Мы собираем и передаем музеям снимки, документы и личные вещи основателей и первопроходцев командно-измерительного комплекса. Немало материалов передано музею Цандера в Кисловодске, музею Ю. А. Гагарина на его родине, Мемориальному музею космонавтики в Москве, школьным музеям Москвы, Евпатории, Одинцова и, конечно же, музею командно-измерительного комплекса в подмосковном городке Голицыно-2. Об этой стороне деятельности Совета ветеранов КИК говорили на Конференции вице-президент Ассоциации музеев космонавтики России Н. С. Кирдода и научный сотрудник Московского мемориального музея космонавтики Л. В. Чижикова.

В заключение конференции ее участникам были вручены памятные знаки «1992 — Международный год космоса», а наиболее активным ветеранам нашей организации — медали, дипломы и грамоты Федерации космонавтики России и Совета ветеранов КИК.

Б. А. ПОКРОВСКИЙ,
председатель Совета ветеранов КИК,
член бюро президиума Федерации
космонавтики России

Следы на Луне

И. С. БОЛХОВИТИНОВ

Всероссийский научно-исследовательский институт
транспортного машиностроения

В начале июня 1973 г. закончил свой уникальный поход по Луне автоматический аппарат «Луноход-2». Теперь, спустя 20 лет, мы снова вспоминаем, как это было...

Первой автоматической самоходной лабораторией на поверхности нашего спутника стал «Луноход-1» (Земля и Вселенная, 1971, № 1, с. 2.— Ред.). Он начал свою работу 17 ноября 1970 г., а завершилась она 30 сентября 1971 г.

Сейчас интересно еще раз перелистать сообщения ТАСС и материалы центральной печати, освещавшей это событие. Читая их, прекрасно ощущаешь динамику ежедневной напряженной работы. И все же эти сухие строки не могут рассказать о той незабываемой атмосфере, о том волнении, которые сопутствовали всему периоду выполнения программы. А поводы для волнения были: лишь за год до этого была предпринята неудачная попытка запуска подобного аппарата, о которой никто, впрочем, по обычным соображениям всеобщей сверхсекретности, кроме специалистов, так и не узнал.

И вот 10 ноября 1970 г. в 17 ч 44 мин с Байконура стартовала станция «Луна-17». Через 12 мин она отделилась от последней ступени ракеты-носителя «Протон», а ровно через два часа начался сеанс радиосвязи, длившийся до самой мягкой посадки 17 ноября в 6 ч 46 мин 50 с.

Точно в расчетное время, когда станцию и поверхность Луны разделяло 22 км, за-

работал тормозной двигатель. Скорость, почти 1,7 км/с, снизилась до нуля, и с высоты 2,3 км станция с выключенным двигателем начала свободное падение. На высоте 700 м двигатель вновь ожил и «Луна-17» зависла в 20 м над поверхностью. Вместо основного заработал двигатель малой тяги, и станция плавно снизилась. На высоте 1—2 м двигатель выключился, и станция совершила мягкую посадку в районе моря Дождей, в точке с координатами 38°17' с. ш. и 35°00' з. д. После тщательной проверки работоспособности всех приборов и систем были раскрыты трапы, и «Луноход-1», укрепленный в верхней части космического аппарата, съехал на грунт.

«ЛУНОХОД-1»: НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Перед учеными стояло несколько задач: выяснить, каковы же возможности подвижного автоматического аппарата, исследовать внешние условия на поверхности и произвести светолокацию Луны, используя уголкового отражателя, укрепленного на «Луноходе».

Прежде всего, нужно было «прочувствовать аппарат». В процессе работы оценивалось его поведение на крутых склонах, в каменистых районах, изучалась вероятность попадания в неожиданную опасную ситуацию, стойкость к сильным температурным изменениям (ведь темпе-

ратура менялась от -140° до $+140^{\circ}$ C!). Ученых интересовали влияние солнечной радиации на перегрев двигателей, точность учета пройденного пути и работа навигационных приборов.

Искусство управления аппаратом совершенствовалось «на ходу». В первые часы работы операторы, управлявшие движением «Лунохода», конечно, вели машину с чрезвычайной осторожностью, придерживаясь пословицы «семь раз отмерь, один — отрежь». Но вскоре они уже научились быстро принимать решения и уверенно ориентировались в транспортной обстановке. А она оказалась отнюдь не простой. Каждые 800—1000 м «Луноход-1» оказывался в трудных ситуациях, попадая то на склоны, достигающие крутизны в 30° , то в глубокие каменистые кратеры, откуда приходилось выбираться, иной раз подолгу маневрируя. Буксование достигало 80 %. Когда на третий лунный день аппарат возвратился к месту посадки, ученые смогли оценить ошибку измерения пройденного пути: 30 м на 3500 пройденных метров.

Во время движения машины установленная на ее борту малокадровая телевизионная система постоянно передавала на Землю телевизионные изображения местности. Поле ее зрения составляло $38^{\circ} \times 50^{\circ}$. Для более широкого обзора исполь-

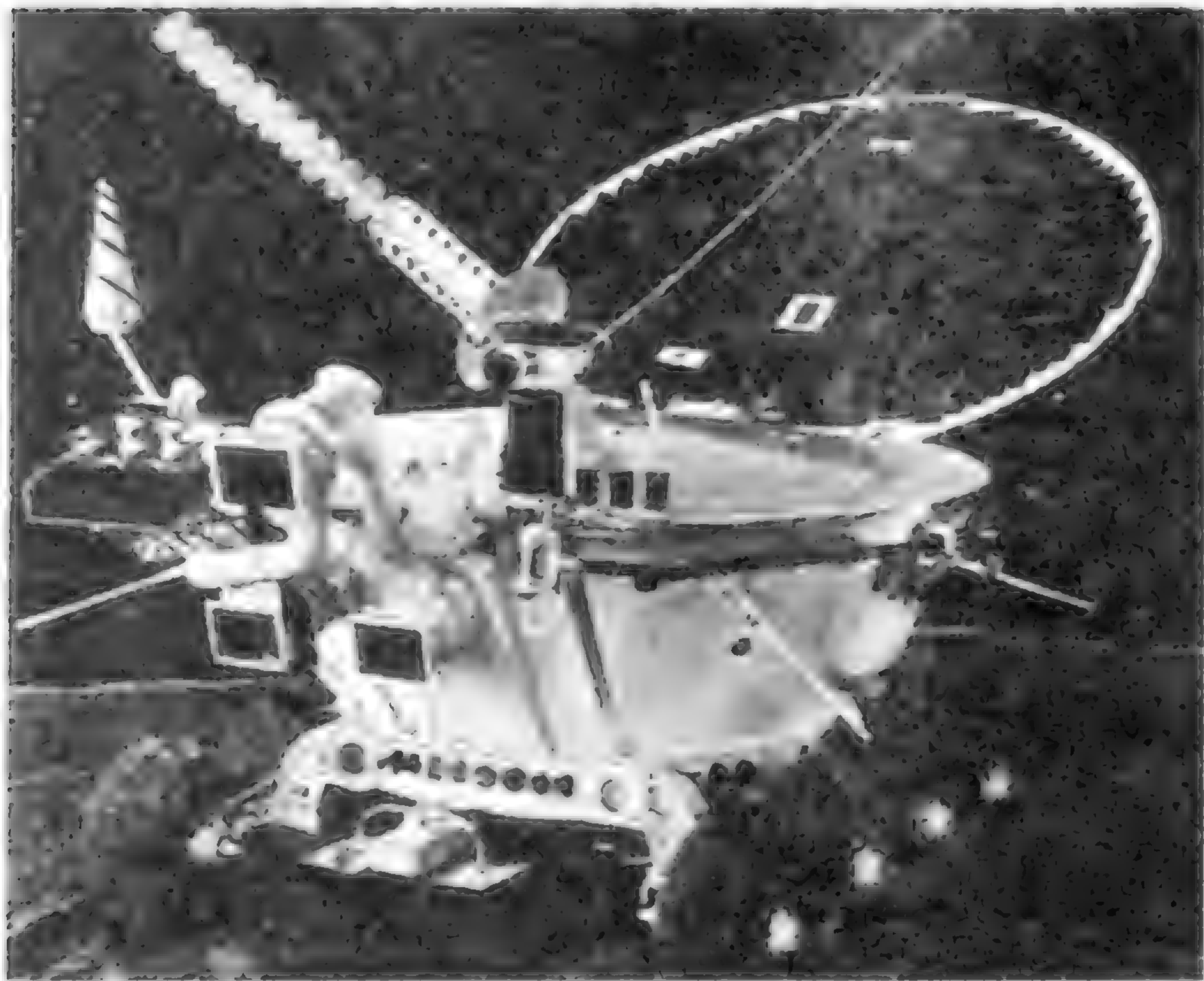
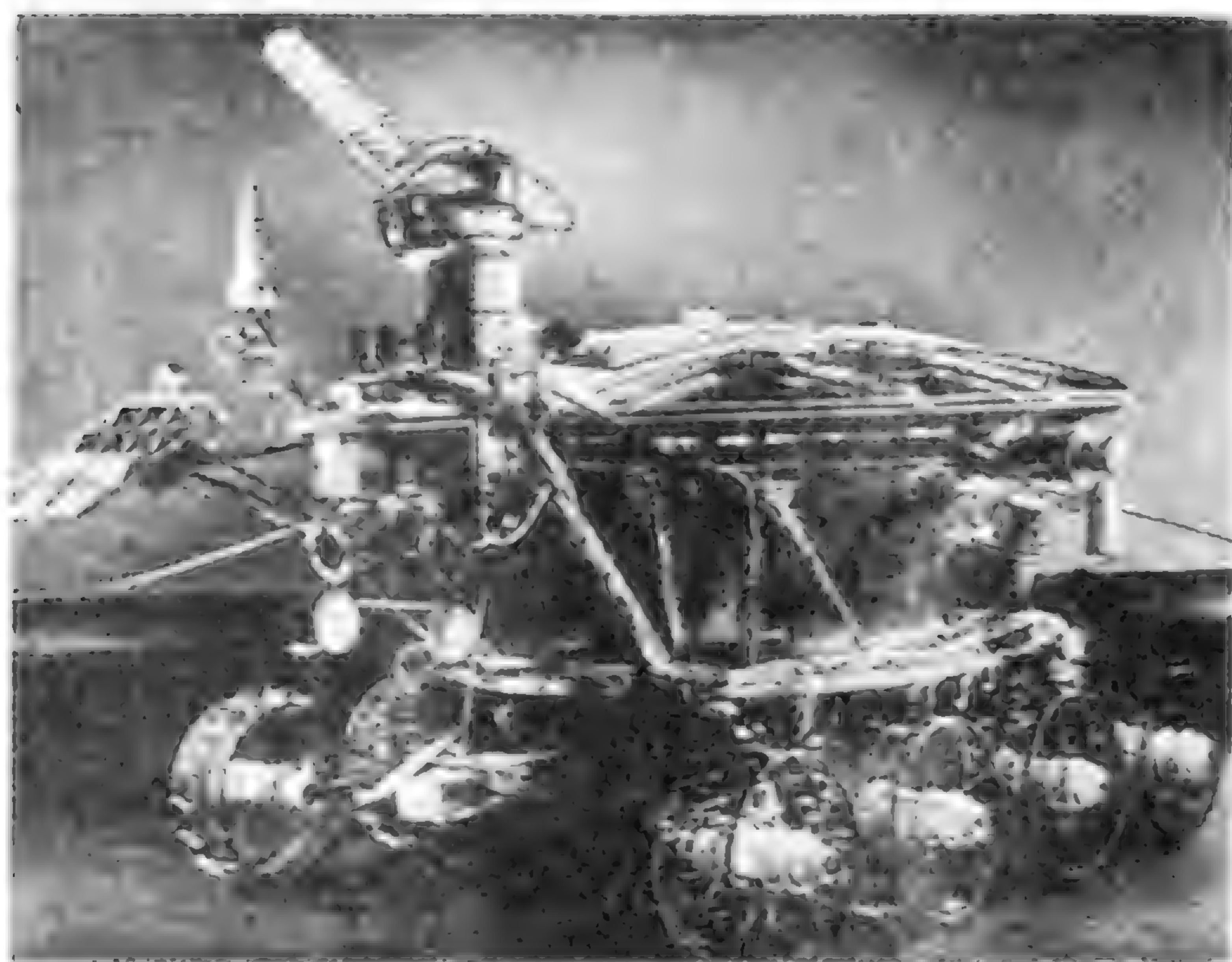
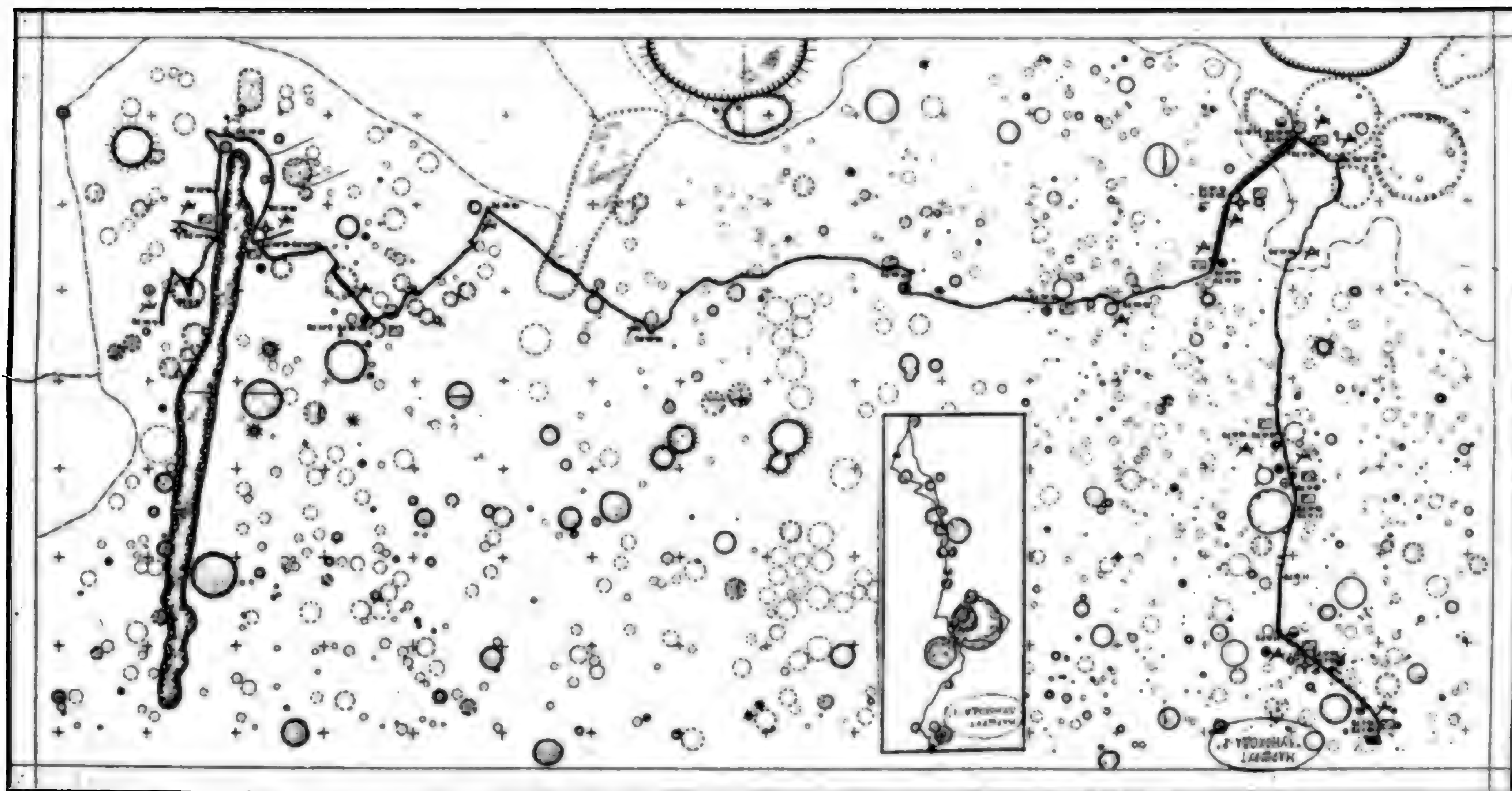
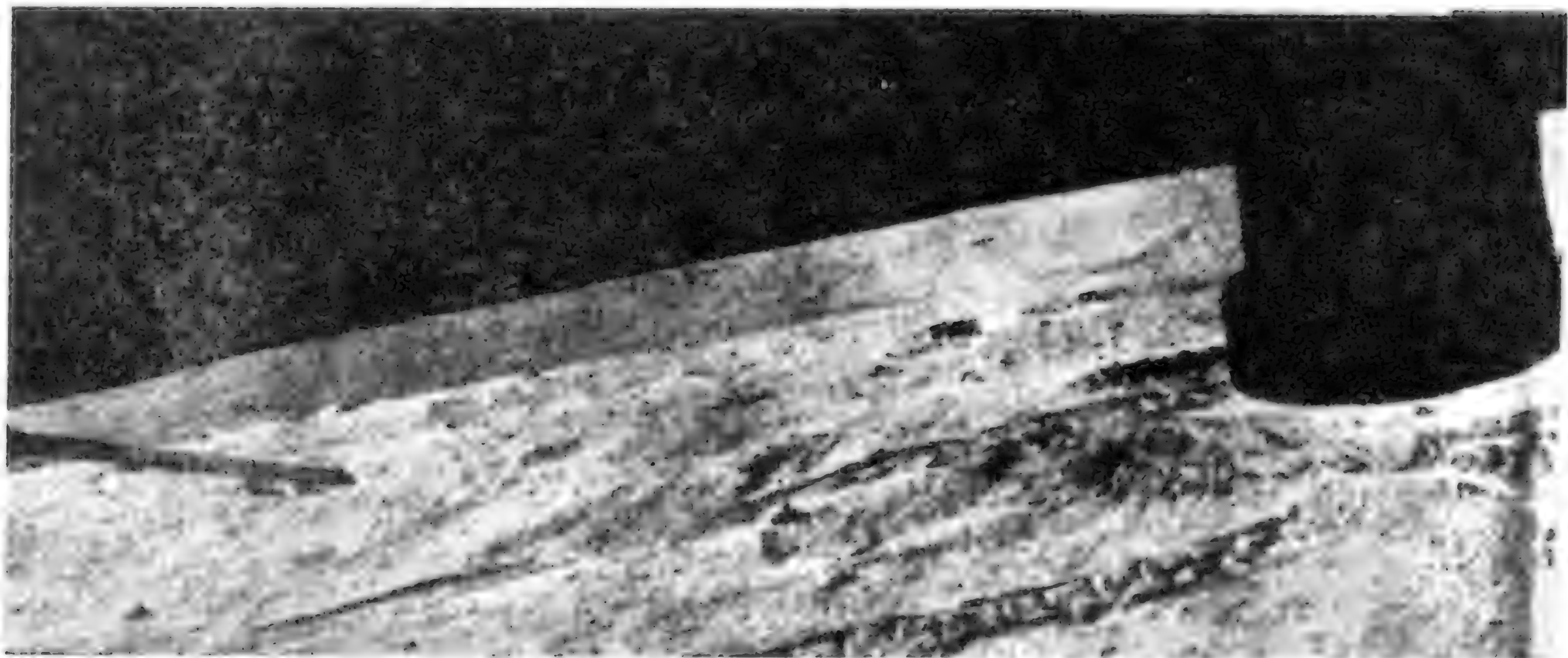


Схема окрестной трассы движения «Лунохода-2». На врезке: для сравнения в том же масштабе приведена трасса движения «Лунохода-1»





зовалась панорамная телевизионная камера, которая позволяла отснять круговую панораму за 25 мин с разрешением $0,06^\circ$ (при угле зрения по высоте 30°).

На «Луноходе-1» был установлен набор научной аппаратуры для изучения внешних условий на Луне. Даже шасси аппарата использовалось как прибор для изучения рельефа и построения топографической карты местности, определения механических свойств грунта, температуры лунной поверхности и других параметров.

Съемка рельефа осуществлялась по оценкам наклона «Лунохода» на разных участках пути, через каждые 0,4 м при известном курсовом угле. Механические свойства грунта исследовались несколькими методами. Первый и основной — замеры различных характеристик поверхности специальным прибором оценки проходимости (ПРОП). Второй метод — измерения с помощью самого шасси, по параметрам работы колес аппарата (загрузка двигателей, буксование). Третий метод — оценка свойств поверхности по глубине колеи, изучавшейся по телевизионным изображениям, — тоже дал хорошие результаты.

Грунт исследовался регулярно по всей трассе. Прибором ПРОП было выполнено 537 измерений на трассе длиной в 10,5 км, т. е. в среднем через каждые 20 м, а в промежутках получались данные двумя другими способами (совместный анализ повышал достоверность исследований). При движении оценивалась и прочность попадавшихся камней. Наряду с прочными монолитами камней встречались и ловко «маскировавшиеся» под них рыхлые камнеподобные образования.

Специалистам удалось определить, что на склонах лунный грунт менее прочен, чем

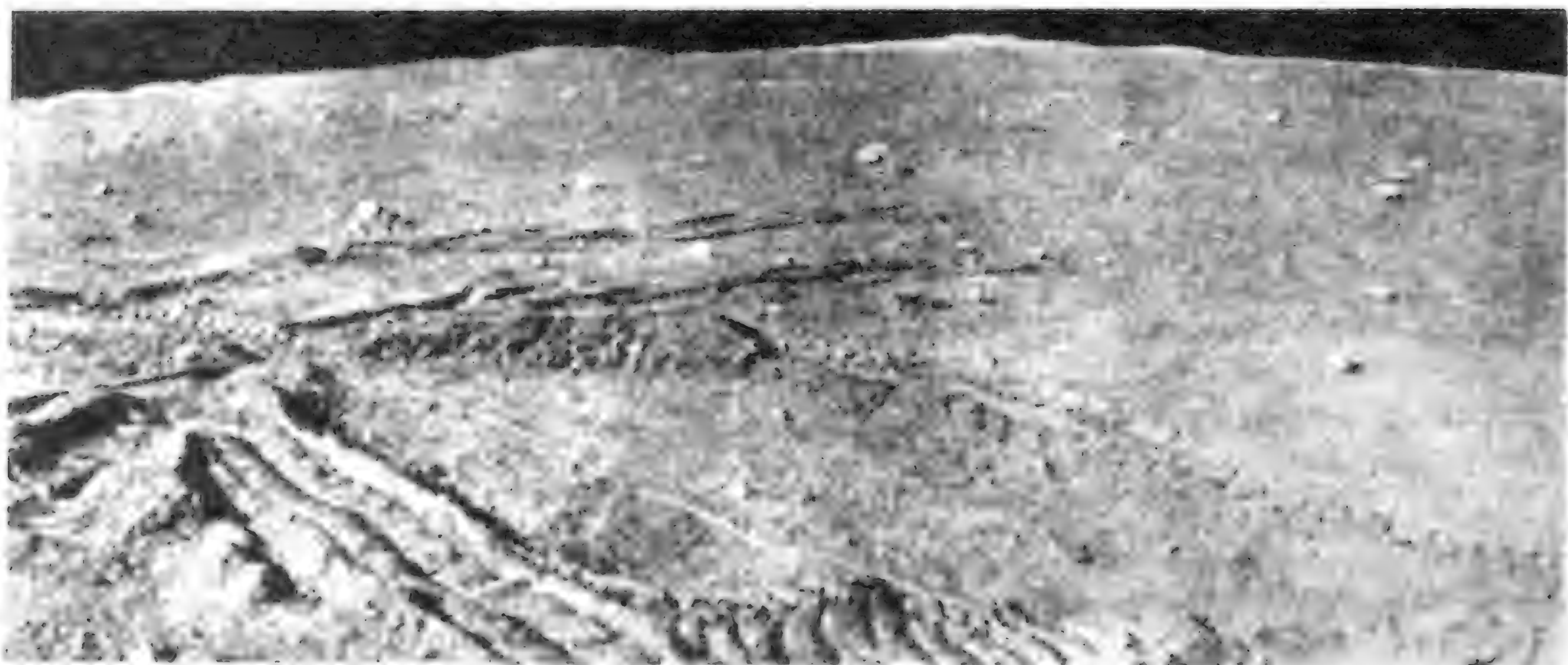
Фрагмент панорамы, переданной на Землю «Луноходом-1». В центре выделяется корпус одной из камер аппарата

на горизонтальной поверхности. А этот вопрос был весьма актуальным, ведь на слабых грунтах машину подстерегала опасность буксования — она могла «зарыться» в грунт.

Кроме того, с помощью шасси оценивалась температура поверхности Луны, причем делалось это во время каждого сеанса связи при разных высотах Солнца: над горизонтом от 5° утром до 52° — днем.

По телевизионным изображениям было проведено крупномасштабное картографирование местности в пределах «видимости» телевизионных систем (обследованы кратеры, изучены каменистые районы, получены статистические данные по распределению разного рода неровностей рельефа, проанализирован гранулометрический состав поверхности и оценена толщина раздробленного метеоритами слоя поверхности Луны).

Комплекс научной аппаратуры, установленной на «Луноходе-1», позволил проникнуть в более скрытые тайны Луны: спектрометрическим устройством «Рифма» удалось определить химический и минералогический состав пород нашего спутника. Рентгеновский телескоп исследовал космическое излучение, а радиометр передавал на Землю данные о космических лучах малой энергии и об активности Солнца. Эксперимент по лазерной локации уголкового отражателя был выделен особо. Его основная цель — измерение точного расстояния от Земли до Луны — дала бы возможность проверить спра-



ведливость теоретических расчетов, учитывающих различного рода возмущения. Величина расхождения между теорией и практикой позволила бы ответить на вопрос — имеет ли смысл поиск более точной теории, чем существующая ныне, которая дает точность в несколько километров. Подобные опыты уже проводились с начала 60-х годов. В американских работах 1962—1963 гг. была тщательно отработана методика эксперимента (погрешность измерений составила 150 м). Советские же опыты (1965 г.) дали результат с погрешностью 200 м.

На «Луноходе-1» был установлен изготовленный во Франции уголкового отражателя (Земля и Вселенная, 1971, № 3, с. 57), обладающий тем свойством, что отраженный луч всегда возвращается параллельно падающему, под каким бы углом падающий луч ни пришел. Сеансы лазерной локации были проведены одновременно из Крымской астрофизической обсерватории и из французской обсерватории Пик-дю-Миди. Поскольку на призмы отражателя влиял нагрев солнечным излучением, эксперимент проводился только ночью. Это создавало новые проблемы, основные из кото-

рых — создание лазерно-локационной аппаратуры, установленной на телескопе диаметром 2,6 м, и точное наведение телескопа в условиях лунной ночи, когда не видно никаких «опорных точек». Но проблемы все же были решены, и в результате были получены точные данные о расстоянии до Луны, отличавшиеся от расчетных на 800—900 м. Это нацеливает исследователей либо на поиск более точной теории, либо на поиски ошибок в определении расчетных параметров приборов.

...Прошло одиннадцать лунных дней и ночей. На двенадцатый день ответа на запрос о готовности продолжать работу от аппарата не последовало. «Луноход-1» прекратил свое активное существование.

Часть панорамы, полученной «Луноходом-2» 17 января 1972 г. Аппарат приблизился на расстояние около 3 м к посадочной ступени (в центре), с которой начал свой путь по Луне. Справа виден корпус самого «Лунохода-2» и его штыревая антенна. Слева и справа от посадочной ступени видны участки лунного горизонта и холмистой местности (публикуется впервые)



Потом на Луну был запущен «Луноход-2». Он проработал в заливе Лемонье с 16 января по 6 июня 1973 г., т. е. в 2,5 раза меньше, чем «Луноход-1», хотя и прошел за это время путь в 3,6 раза больший — 37 км. «Луноход-2» делал меньше остановок, совершая безостановочные рейды в течение более длительных отрезков времени, до 7 мин 17 с, но эффект мог бы быть существенно большим, если бы не была нарушена навигационная система, в результате чего приходилось ориентироваться по окружающей обстановке и по Солнцу, а положение корпуса определять по грузкам на колесах. Тем не менее, управлялся «Луноход-2» более уверенно, чем его предшественник — сказывался опыт вождения, решения частных задач и, в какой-то степени, меньшее стремление к рискованным экспериментам. Если при вождении «Лунохода-1» часто пытались спускаться в глубокие кратеры, то на втором аппарате старались пройти трассу с наименьшим риском, хотя и посещали для съемок и проведения

научных экспериментов наиболее интересные ландшафтные образования — кратеры, борозды, холмы. В среднем за лунный день работы на движение «Лунохода-2» тратилось 20—22 % времени, на научные эксперименты в режиме стоянки — 40—43 %, остальное время было потрачено на анализ обстановки, принятие решений, формирование и выдачу радиокоманд.

«Луноход-1» и «Луноход-2» останутся на Луне свидетельствами человеческого гения и памятниками первым планетоходам. Надолго запечатлены на поверхности нашего спутника и следы этих машин. Может быть когда-нибудь люди отыщут и вновь «оживят» их, и они продолжат работу в качестве транспортных средств, ведь механизмы луноходов целы. Или их просто захотят поместить в музей...

Сейчас человек как бы готовится к новому прыжку в космос: к Луне, Марсу, а может быть, и к другим планетам и их спутникам. Он разрабатывает новую планетоходную технику (Земля и Вселенная, 1991, № 5, с. 75). Но то, что дали «Луноходы», можно оценить как фундамент, на котором будет базироваться развитие транспортной робототехники будущего.

Информация

Странные кратеры на Венере

Большая часть кратеров на поверхности Венеры имеют или вулканическое происхождение, или возникли при столкновении планеты с метеоритами. Однако, изучая радиолокационные изображения, полученные с борта американской межпланетной станции «Магеллан», ученые обнаружили немало кратеров, которые подобными причинами объяснить невозможно. Их очертания необычны, центральная горка отсутству-

ет. Кратеры состоят из концентрических колец. На радиолокационных изображениях они выглядят относительно темными. В противоположность им типичные импактные (образованные падением метеорита) кратеры бывают окружены яркими кольцами обломочных пород.

Сотрудник Исследовательского центра им. Эймса НАСА в Калифорнии Кевин Цанле сообщил, что разработал математическую модель метеоритов, движущихся с гиперзвуковыми скоростями в плотной атмосфере Венеры. Претерпевая мощное трение и разогреваясь, некоторые из них взрываются. При этом возникают мгновенно распростра-

няющиеся сферические взрывные волны.

Вычисления показали, что такие волны могут вызвать сильное сотрясение верхнего слоя пород на глубину до 1 км в радиусе от 15 до 30 км. Подобный взрыв превращает породы в области своего действия в мелкие обломки, которые слабо отражают радиолокационный сигнал. Этим и объясняется темный цвет колец.

Приборы «Магеллана» зарегистрировали около 400 таких молодых кратеров. Возможно, их общее число на Венере превышает тысячу.

New Scientist, 1992, 134, 18/15

Колумб и новая география

А. Ф. ПЛАХОТНИК,
доктор географических наук
Институт истории естествознания и техники РАН

ГЕОГРАФИЯ ПОСЛЕ КОЛУМБА

Ровно 500 лет назад в сентябре 1492 г. в свое первое длительное плавание на запад от Европы отправился Христофор Колумб, генуэзский моряк, находившийся тогда на испанской службе. Колумбу было суждено совершить еще три плавания к западу от Европы (в 1493—1496, 1498—1500 и 1502—1504 гг.). В итоге он открыл новый огромный континент, впоследствии названный Америкой.

Подробности всех этих плаваний и дальнейшая судьба их участников описаны в многочисленных публикациях. Рекомендую читателям, прежде всего, трижды изданный в нашей стране перевод монографии «Путешествия Христофора Колумба. Дневники. Письма. Документы» (М., Географгиз, 1952, 1956 и 1958 гг.), а из последних по времени работ — книгу П. Джеймса и Дж. Мартина «Все возможные миры. История географических открытий» (перевод с англ., М., «Прогресс», 1988). В настоящей статье хотелось бы рассказать о том, как развивалась географическая наука от Колумба до наших дней. До сих пор, по-моему, под таким углом зрения материал о Колумбе не излагался.

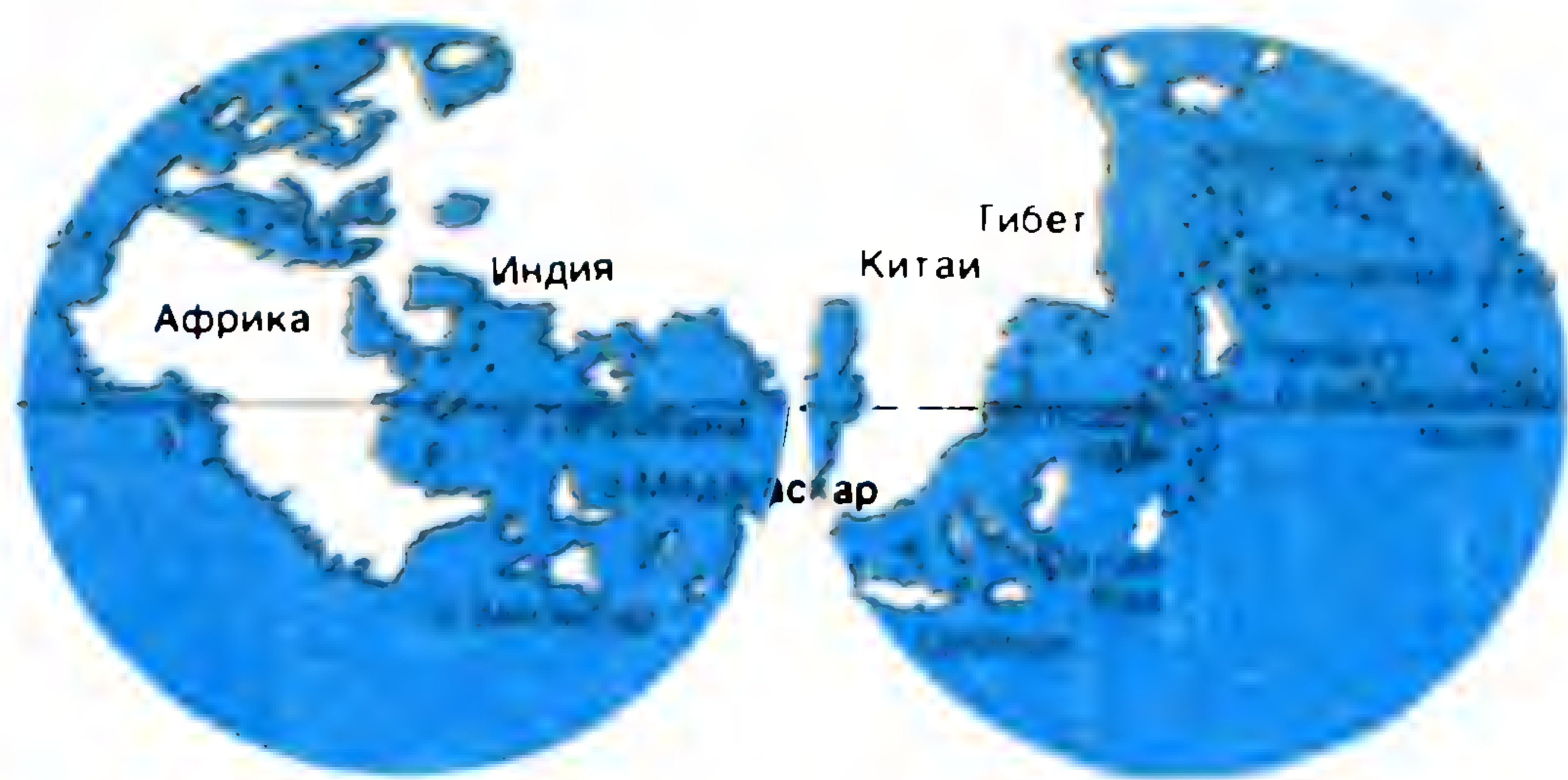
К концу XV в. география достигла определенных успехов. В частности, тогда уже было известно, что форма Земли шарооб-

разна. В 1492 г. картограф Мартин Бегайм (1459—1506) из Нюрнберга изготовил первый глобус, на котором мы видим Европу, Африку, западнее — через океан — берега Азии (названия: Тибет, Китай, Индия). Ученые были уверены, что восточное побережье Азии лежит очень близко к Европе. Это давало надежду Колумбу, отправившемуся в неизведанные просторы, быстро достичь берегов сказочно богатой Индии.

Вслед за Колумбом, а также по другим океанским маршрутам прошли отважные мореплаватели, так что к 30-м годам XVI в. неизвестными оставались лишь Австралия, Антарктида да северные берега Азии и Америки.

Стремительное расширение пространственного кругозора европейцев в последующие два столетия стало главным итогом географических работ, а сама наука география тогда еще вполне оправдывала свое название — в переводе с древнегреческого она означает «землеописание». Однако по мере того, как на земной поверхности оставалось все меньше мест, куда не ступала нога человека, задачи землеописания в географии стали вытесняться **исследовательскими задачами** — изучением природы вновь открытых вод и земель. Название науки оставалось прежним (и дошло до наших дней), но ее содержание изменялось, расширяясь и обогащаясь.

Освоение новых областей шло медленно и постепенно. Сначала моряки и землепроходцы, не всегда достаточно образо-



Два полушария глобуса М. Бегайма (1492 г.)

ванные, но зато любознательные и предприимчивые люди, отмечали новые для них особенности природы и нередко использовали их на практике. Например, Колумб открыл экваториальное течение Атлантического океана и вдоль него направил свои корабли. Вслед за этим — в 1513 г. — Понсе де Леон открыл Гольфстрим, а Педро Мартир построил весьма полезную для мореходной практики схему течений Северной Атлантики. Мало-помалу накапливался обширный и все более точный исходный материал для составления карт и различных справочных пособий, необходимых в путешествиях. А позднее (в XVI и XVII вв.) ученые стали обращаться к вопросам изучения Земли, обдумывать результаты морских и сухопутных путешествий.

Попробуем представить себе, как происходило становление современной географии, начавшееся в середине XIX в. Попытаемся заглянуть и в век грядущий, показать, как будущее развитие географии видится нам сегодня.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ

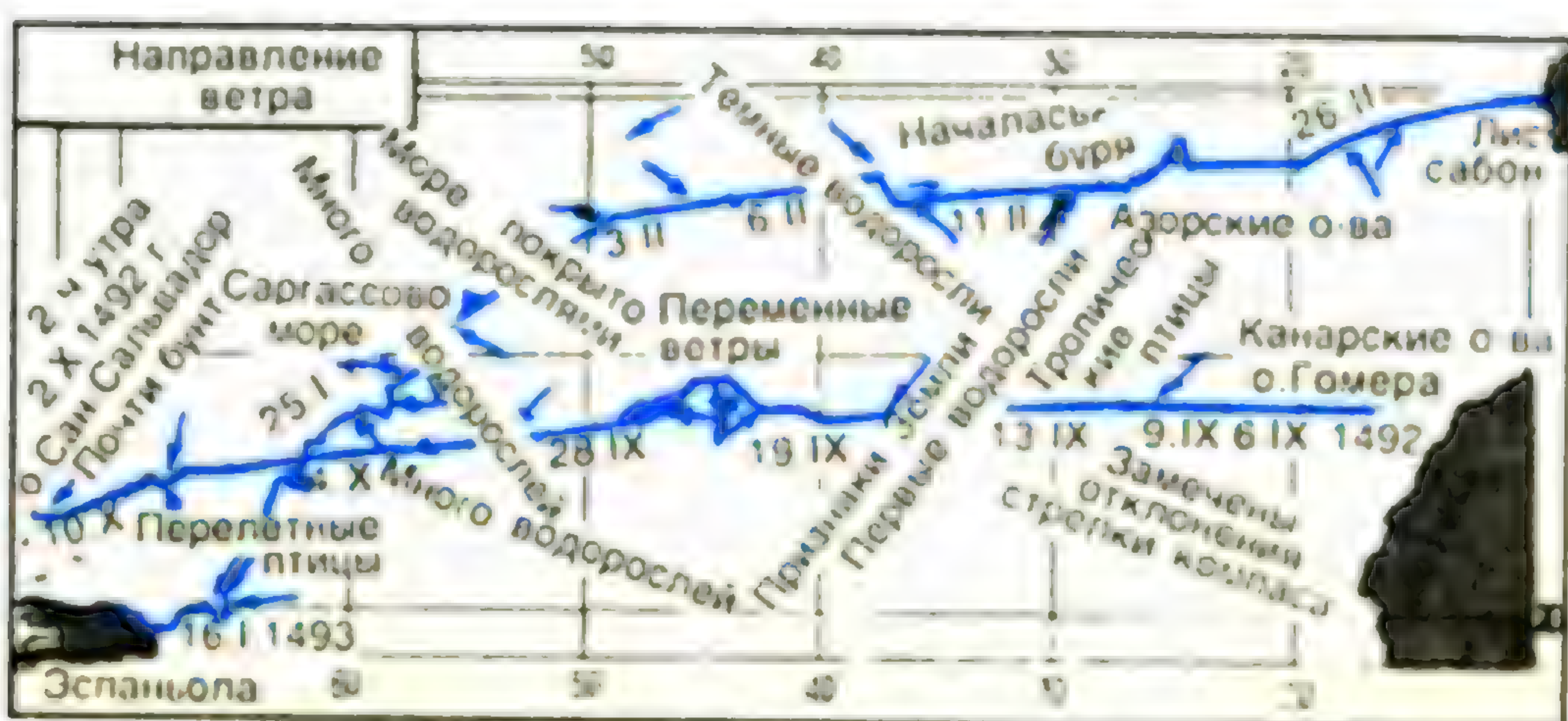
Рассматривать мы будем лишь ту часть современной географии, которую, с легкой руки Гумбольдта, еще с XIX в. стали называть **физической географией**. Точнее было бы именовать ее географией природы, ведь она изучает не только физические, но и вообще все природные закономерности в

пределах географической оболочки Земли, зоны, где теснейшим образом взаимодействуют четыре сферы нашей планеты — литосфера, гидросфера, атмосфера, а также область сосредоточения всего живого — биосфера. Но приходится считаться с устоявшимся названием.

Основу всех физико-географических представлений дают непосредственные наблюдения явлений природы. Их особенно интенсивно стали проводить во времена Колумба и всю последующую эпоху Великих географических открытий. Взгляните на схематическую карту первого плавания Колумба через Атлантику. На нее нанесена лишь небольшая доля вновь полученной тогда информации о природе этой части океана — направление ветров на отдельных участках маршрута (вслед за ветрами узнали и о вызываемых ими течениях океанских вод). Обозначены и места, где встречались разнообразные водоросли, перелетные птицы, где стрелка компаса ведет себя аномально и т. д.

Так — год от года и от столетия к столетию — к физико-географам поступали сведения о различных областях нашей планеты. Они тщательно анализировались, сопоставлялись друг с другом, и делались выводы о **закономерностях природы географической оболочки Земли**. В чем же их суть? Прежде всего в том, что живые существа и неживые тела литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы постоянно обмениваются между собой веществом и энергией. Вне этих постоянных вещественно-энергетических связей невозможно само существование географической оболочки.

Многие миллионы лет связи эти были **естественными** — такими, какими они складывались в природе. И появившиеся на Земле люди тоже воспринимали природные тела — воздух, воду, почву, животных и растения — в их связи и взаимозависимости. Но в последнее время человек постоянно видоизменяет природные связи, а зачастую и сильно искажает их — истребляет растения и животных, вводит в неразрывную природную цепь не свойственные, чуждые ей засоряющие и загрязняющие вещества.



Маршрут первого плавания Христофора Колумба

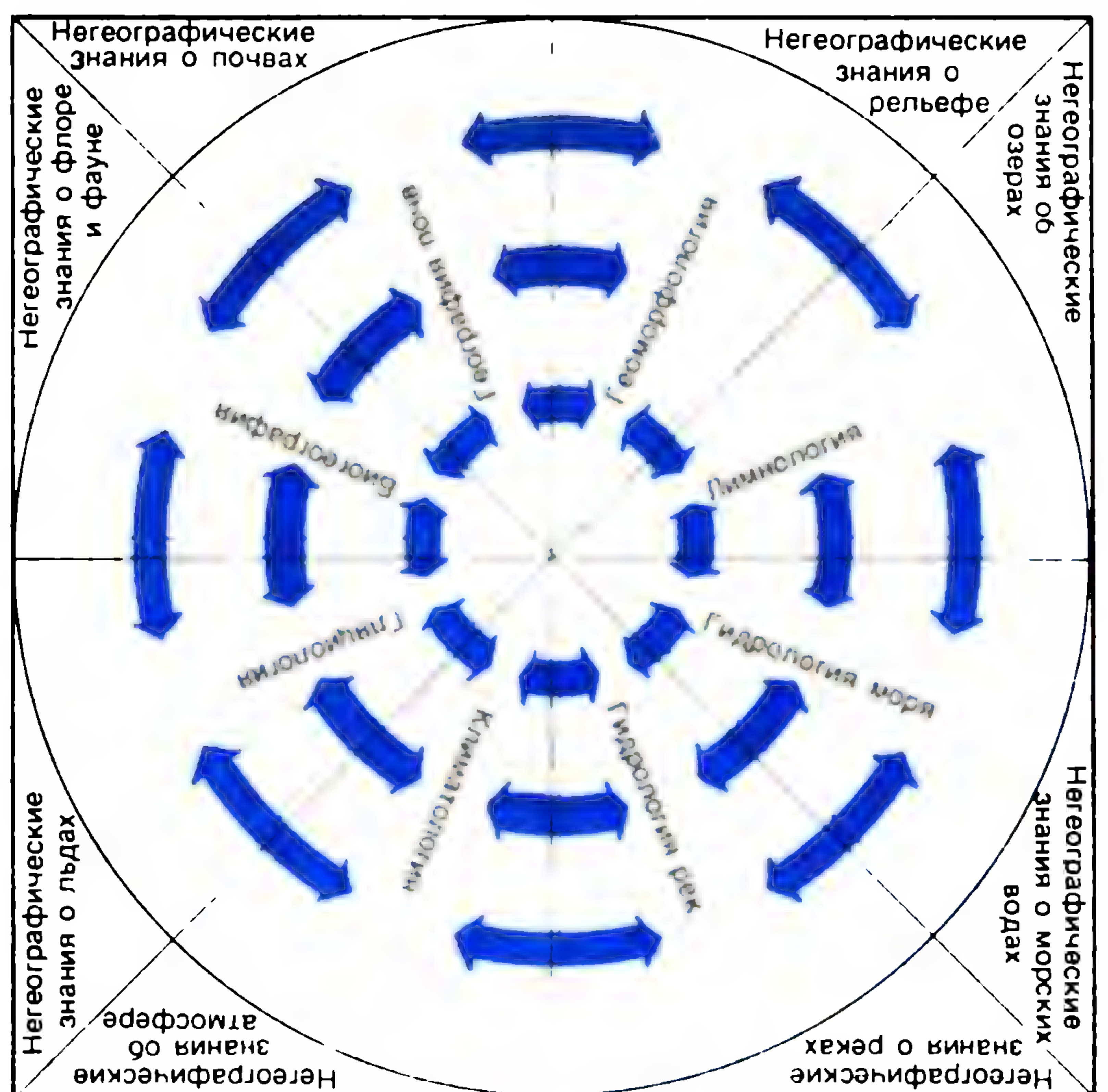
Модель взаимодействия физической географии с негеографическими естественно-научными знаниями. Внутри окружности — область физической географии, за ее пределами — негеографических знаний. Сектора физической географии синтезируются в комплексные науки — общее землеведение и ландшафтоведение (синтезирующие связи показаны стрелками). Сведения об этих же природных объектах частично входят в соответствующие негеографические естественно-научные знания (сектора продолжают и за пределами окружности)

В результате антропогенного воздействия природные закономерности географической оболочки стали усложняться. И физическая география все в большей мере изучает не столько естественную, сколько **антропогенно-измененную географическую оболочку Земли**. Изучает прежде всего с целью предотвратить неблагоприятные влияния, а если уж они произошли, то как можно быстрее и эффективнее устранить их.

Однако физическая география не монополизирует выполнение этой сложнейшей задачи. Ведь она изучает природу Земли в тесном контакте с другими естественными науками — физикой, химией, биологией, геологией. Условно назовем их негеографическими науками. (И конечно, во взаимодействии с множеством наук общественных и технических.) Вот здесь-то и возникают трудности, о которых в нашей научной, а тем более научно-популярной литературе не принято говорить.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУК

Известно, что вкладывание средств в те или иные исследования будет эффективным лишь тогда, когда есть четкое представление о качественных особенностях каждой из участвующих в этих исследованиях естественных наук — физико-географических и негеографических, обычно связанных в сложный клубок. Поэтому жизненно необходимо в последние десятилетия построить объективную, теоретически обоснованную на каждом этапе **модель взаимодействия физической географии с «окружающими ее негеографическими естественными науками»**. Попробуем разобраться в этой довольно сложной модели. В современную систему «физическая география» входят две группы наук: **комплексные физико-географические** (ландшафтоведение и общее землеведение) и **компонент-**



ные физико-географические (КФГН), о которых говорят гораздо меньше или не говорят вовсе. Но мы расскажем о них подробнее.

Компонентами природы отдельных сфер географической оболочки Земли принято называть тела, рассматриваемые в их неразрывной связи со всеми другими телами этой оболочки. Чтобы различать связи между ними (а это, как мы увидим дальше, чрезвычайно важно, в этом вся суть дела!), назовем их связями **физико-географическими и негеографическими**.

Рассмотрим твердые тела земной литосферы — почвы и подстилающие их снизу горные породы, а также окаймляющий их сверху рельеф земной поверхности. Почвы можно изучать сами по себе — как тела, в которых объединены органические и неорганические вещества. Ими занимается негеографическая наука почвоведение. Но те же почвы можно изучать в их взаимодействии с грунтами и рельефом земной поверхности, с водой, воздухом, животными и растениями. Это будет изучение почв как компоненты литосферы Земли. Такими вопросами занимается уже физико-географическая наука — география почв.

Грунтами, горными породами и рельефом литосферы, взятыми отдельно, занимается негеографическая наука геоморфология. Но те же горные породы можно рассматривать как компоненты литосферы — в единстве с почвами, водами, воздухом, растениями и животными. Этим занимается наука, также называемая геоморфологией, но геоморфологией географической (компонентная физико-географическая наука).

Аналогично формируются предметы изучения: **КФГН биogeографии** (географии растений и географии животных), в отличие от предмета негеографической дисциплины — общей биологии; **КФГН климатологии**, в отличие от предмета негеографической науки — метеорологии.

Читая какую-либо научную работу, связанную с исследованием географической оболочки Земли, специалист по физической географии без труда поймет, в какой именно области работает автор, развивая ту или иную КФГН, а в какой — сопредельную с ней негеографическую естественную дисциплину. Например, в работе, касающейся изучения рельефа земной поверхности и подстилающих его горных пород, всегда четко видно, где автор вносит вклад в развитие КФГН — геоморфологии физико-географической, а где развивает негеографическую науку — геоморфологию геологическую.

Четкое различие признаков географических и негеографических знаний об одном и том же объекте природы — залог того, что правильно будет составлен алгоритм процедуры сортировки и поиска информации для применения его в вычислительной технике.

Что же можно извлечь из рассмотренной теоретической модели взаимодействия наук? (Модель уже есть, нет пока условий для ее полноценного практического использования.) Природные объекты географической оболочки Земли изучаются, как мы уже говорили, в тесном взаимодействии географических и негеографических естественных наук. В результате накапливаются огромные банки информации. Планирование будущих затрат и прогнозирование дальнейших исследований идет по отдельным наукам, отдельным отраслям знаний. Ведь планировать и прогнозировать раз-

витие всего невероятно сложного комплекса наук с запутанным клубком связей просто невозможно. Возникает вопрос: нет ли в этом сложном комплексе необоснованного отставания одних наук за счет забега вперед других? Ведь какая-то группа, увлекшись, способна потянуть клубок взаимосвязей наук в одну сторону, создать «перекос», что неизбежно вызовет деформированное развитие, а то и отставание общего фронта изучения данного объекта природы. Чтобы проконтролировать, а когда надо, и подкорректировать развитие географических или негеографических наук в общем их клубке взаимодействий, весьма полезно воспользоваться схемой, приведенной в статье.

Распределив рассортированную машинной информацию по отдельным секторам (по четко различимым связям — географическим и негеографическим), мы сразу видим «где густо», а «где пусто» — в каких областях нужно сдержать получение неоправданно «раздувающейся» информации, а в каких полезно было бы увеличить силы и средства на исследования. Такая корректировка обеспечивает нормальное развитие общего фронта научно-исследовательских работ в данной отрасли знаний и способствует оптимизации его материально-финансового обеспечения.

Мы рассмотрели лишь одну конкретную линию географии от Колумба до наших дней. Другие линии — это предпринимаемые многими коллективами специалистов-географов усилия, направленные на более углубленное познание самих объектов изучения — природных и общественных. Можно представить себе, сколь внушительной должна быть полная картина научного прогресса знаний о Земле, если объединить все такие линии!

Информация

Новый член Местной Группы

В Местную Группу галактик, кроме таких гигантов как Туманность Андромеды (М31) и наша собственная Галактика, входят еще около трех десятков небольших звездных систем: спираль в Треугольнике (М33), Большое и Малое Магеллановы Облака и другие. Строение и эволюция Местной Группы изучаются аст-

рономами очень тщательно, поэтому подробная перепись ее населения — дело важное. И вот — новая находка: обнаружен ранее неизвестный член Местной Группы. Это карликовая галактика в созвездии Тукана. Ее координаты: $\alpha_{1950} = 22^{\text{h}} 38^{\text{m}} 28^{\text{s}}$, $\delta_{1950} = -64^{\circ} 40' 53''$.

Обнаружил и изучил эту галактику австралийский астроном Рассел Дж. Лавери с коллегами. Галактика лишена газа и выглядит как сплюснутая эллиптическая система типа dE5. Ее светимость приблизительно в миллион раз выше солнечной, что

для галактики более чем скромно. Расстояние до этой системы не превышает 900 кпк. Важно, что она лежит в стороне от большинства других членов Местной Группы и не является спутником более крупной галактики, как это чаще всего бывает для карликовых галактик. Поэтому, изучив ее движение, можно будет сделать важные выводы о динамической истории всей Местной Группы.

Astronomical Journal, 1992, 103, 1

Резонансы, соизмеримости и макроквантовые явления в Солнечной системе

Ю. К. ГУЛАК,
кандидат физико-математических наук
И. А. ДЫЧКО
кандидат физико-математических наук
Полтавская гравиметрическая обсерватория АН Украины

Если периоды обращения (T_1 и T_2) двух планет, астероидов, кометоидов, метеорных тел, спутников планет или любой пары из названных тел одной системы (которые мы будем называть сателлитами) относятся как взаимно простые числа (например $T_1:T_2=2:3$, $2:7$ и т. д.), то в этом случае говорят, что их движения находятся в **двухчастотном резонансе**. При этом разность вида $T_1n_2 - T_2n_1$ равна или близка к нулю ($3T_1 - 2T_2 \approx 0$).

Резонансность движения крупных тел (например, планет) имеет непосредственное отношение к проблеме устойчивости Солнечной системы и потому привлекает особое внимание астрономов со времени зарождения небесной механики. Теоретическим решением этой задачи занимались крупнейшие ученые Ж. Лагранж и П. Лаплас. Их трудами обнаружен резонанс 2:5 в обращении

Постепенно среди ученых зреет идея о том, что квантовый характер механических движений присущ не только электронам в атомах, но и телам-спутникам в космических планетарных системах. Именно поэтому распределение метеорной пыли вокруг Земли и Солнца, расположение колец и спутников у Сатурна, как и у других планет, орбит астероидов в наблюдаемых поясах и многие другие явления имеют четко выраженную дискретно-волновую структуру и квантовый характер.

двух самых крупных планет Юпитера и Сатурна. Это значит, что если, например, в начальный момент они были в соединении, то после двух обращений Сатурна и пяти обращений Юпитера (59 лет, три соединения), они снова

встретятся в соединении почти в одной и той же точке эклиптики.

В резонансе с Юпитером 3:2 обращаются также астероиды семейства Гильды, а в резонансе 1:1 (в окрестностях орбиты Юпитера) — две компактные группы астероидов «греки» и «трояncы», которые вместе с Солнцем и Юпитером образуют два равносторонних треугольника. В то же время в поясе астероидов наблюдается и противоположная картина, когда при резонансных (с тем же Юпитером) движениях вместо скопления орбит наблюдаются лишь отдельные астероиды или их вообще нет. Незаполненные орбитами области называются **люками**, и в поясе астероидов они встречаются достаточно регулярно (Земля и Вселенная, 1991, № 1, с. 86.— Ред.). Примером могут быть

люки Гекубы, Гестии и др.¹ Аналогичная картина наблюдается и в распределении спутников и метеорного вещества в системах планет.

Чем же объяснить такое противоречивое влияние крупного сателлита (в данном случае Юпитера) на движение более мелких астероидов, обращающихся в резонансе с ним? Какую роль играют резонансы в планетной системе? Являются ли они созидющим началом (стабильность движения в установившемся резонансе крупных и мелких сателлитов) или же они действуют на системы разрушающе, как например в упоминавшихся люках? Этим проблемам посвящены десятки работ и монографий².

В данной статье представленные вопросы рассматриваются с несколько иной позиции, в основе которой лежат не резонансы периодов, а соизмеримости больших полуосей орбит. При этом используется теория, предложенная Ю. К. Гулаком в начале 60-х гг., следствия и предсказания которой подтвердились к настоящему времени не только качественно, но и количественно наземными и космическими исследованиями.

Соизмеримыми орбитами мы будем называть те орбиты множества наблюдаемых

Фотография стоячих волн в трубке А. Кундта демонстрирует разделение крупной и мелкой фракций (эксперимент П. М. Федия, Полтавский пединститут)

в одной и той же планетарной системе сателлитов, длины больших полуосей которых будут целократными некоторому размеру a_0 . Нетрудно сообразить, что в последовательности соизмеримых орбит содержатся и резонансные орбиты.

Мы будем учитывать то обстоятельство, что центральное тело каждой системы не точка, а шарообразный объект радиуса r_0 . С другой стороны, поскольку в окружающем пространстве находится множество аналогичных центральных тел, то все они ограничивают планетарные системы друг друга. Внешнюю границу также можно представить в первом приближении сферой радиуса r_g , называемого обычно **радиусом действия**. Следовательно, чтобы сателлит оставался в пределах данной системы, его расстояние r от притягивающего центра должно заключаться в пределах $r_0 < r < r_g$. Только те сателлиты, **орбиты которых** в течение достаточно длительного времени **удовлетворяют этому неравенству**, могут формировать наблюдаемые в планетарных системах **стабильные** структуры (астероидные пояса с их люками и расположенными между ними планетами, пылевые кольца вокруг планет с веществом, «распределенным»

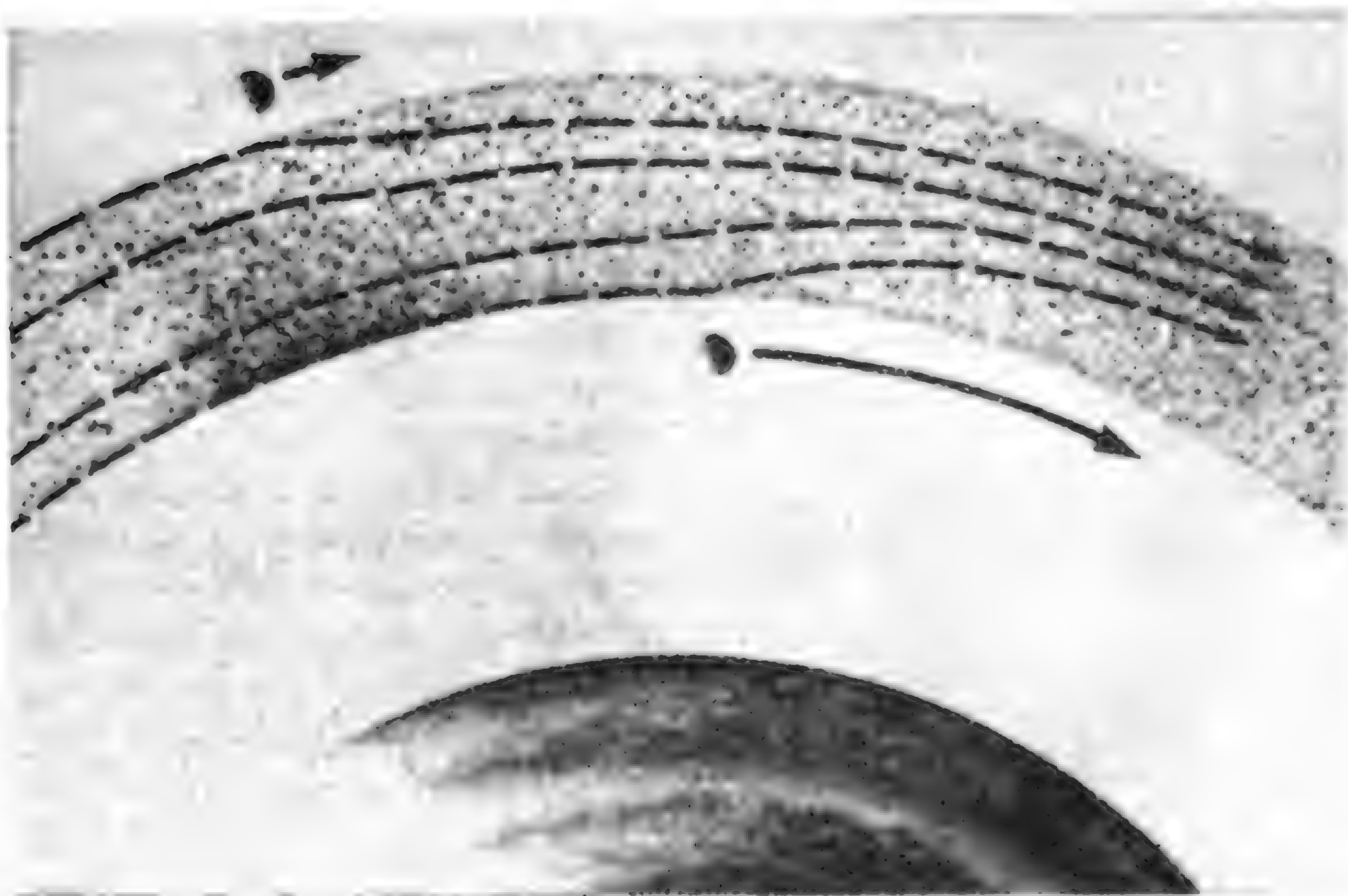
по фракциям, и другими подобными образованиями).

Обратимся теперь к общеизвестным фактам. Уже в XVIII в. было известно: если механическая система, состоящая из множества колеблющихся и как-то взаимодействующих между собой тел, ограничена по протяженности, то в ее пределах формируются стоячие волны. Свойства такой системы до недавнего времени широко использовались для определения скорости звука в газовых средах. В стеклянную горизонтальную трубку, закрытую с одного конца неподвижной пробкой, засыпали легкие однородные опилки. Другой конец закрывали подвижной мембраной, которую можно приводить в колебания заданной частоты. Под воздействием колеблющейся мембраны в воздушном столбе возникают стоячие волны, которые «проявляются» расположением опилок (опыт А. Кундта, 1886 г.).

Мы видоизменили стандартные условия опыта с тем, чтобы проверить гипотезу о разделении частиц разных фракций в колеблющихся средах. В опыте, выполненном в 1981 г. П. М. Федием в Полтавском пединституте, четко проявляются узлы и пучности стоячей волны крупной фракции. Она как бы формирует ограничивающие поверхности для колеблющихся между ними частиц мелкой фракции. Последние укладываются вдоль стоячих волн крупной фракции, образуя свои системы более коротких стоячих волн (соизмеримых по длине с волной крупной фракции).

¹ Симоненко А. Н. Астероиды. М.: Наука, 1985, с. 67—79.

² Гребеников Е. А., Рябов Ю. А. Резонансы и малые знаменатели в небесной механике. М.: Наука, 1978, 128 с.



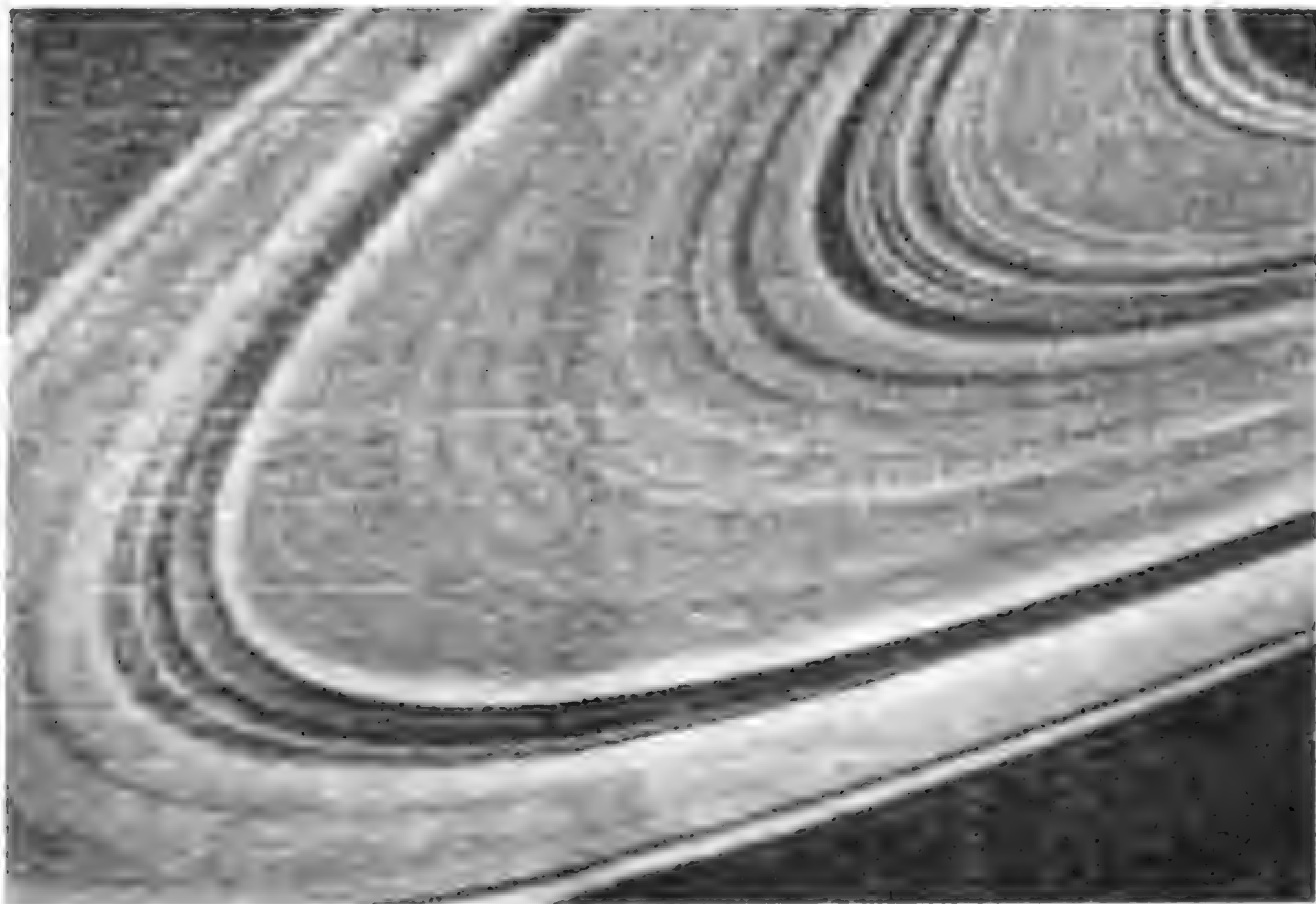
Наружный по отношению к пылевому кольцу спутник имеет меньшую, чем частицы кольца, угловую скорость обращения и потому своим притяжением тормозит их, способствуя приближению к центральному телу. Внутренний спутник при большей угловой скорости ускоряет частицы кольца, т. е. увеличивает их момент и удаляет от центрального тела. Спутники-сторожа как бы отталкивают от себя вещество кольца

При наличии еще более мелкой фракции повторяется аналогичная картина формирования систем еще более коротких стоячих волн.

Возвращаясь снова к планетарным системам, обра-

тим внимание на то, что движение по эллипсу можно представить как результат сложения двух колебаний. Это **радиальные колебания**, обусловленные действием сил, приложенных к каждому спутнику вдоль радиуса вектора, и **долготные колебания** (вдоль орбиты), которые являются следствием постоянства секториальной ско-

Радialьные стоячие волны, формирующиеся в кольцах Сатурна. Снимок составлен по фотографиям «Вояджера-2», полученным в августе 1981 г. с расстояния 8,9 млн км



рости (второго закона Кеплера). Кроме того, следует учитывать и **широтные колебания** постоянных спутников, обусловленные наклонами их орбит, например к плоскости эклиптики.

Таким образом, каждую планетарную систему можно представить, как ограниченную колебательную систему со многими степенями свободы. В пределах системы при достаточном количестве постоянных спутников разных фракций (масс) должны формироваться стабильные структуры радиальных, долготных и широтных стоячих волн. Первые будут наблюдаться в виде систем колец разных радиусов и ширин.

Все эти качественные рассуждения основаны на строгой математической теории. Мы не будем здесь рассказывать о том, как было получено основное дифференциальное уравнение теории и излагать методы его решения. Отметим только, что в основе лежат два важнейших физических закона, которые выполняются в силовых полях центрального тела стабильной системы: **закон сохранения полной механической энергии** и **закон сохранения орбитального момента импульса**. То есть вывод уравнения, метод его решения и полученные результаты основаны на представлениях классической физики. Но замечательно то, что по форме и математическому содержанию выведенное уравнение идентично стационарному уравнению Шредингера, описывающему квантовый характер микросистем. Основой этого уравнения, также как и полученного нами для космических планетарных систем, являются те же фундаментальные законы сохранения энергии и момента импульса.

Решение основного уравнения теории дает множество орбит с большими



Кольцо В Сатурна по фотографии «Вояджера-1». Кроме бесчисленного множества радиально симметричных структур, порожденных радиальными стоячими волнами, видны также три «спицы» на одинаковых расстояниях (возможное проявление долготных стоячих волн)

полуосями $a = na_0/2$ (где $n=2, 3, 4...$), a_0 — длина радиальной стоячей волны одной из основных гармоник (она однозначно определяется массой центрального тела). Оказалось, что радиальная протяженность зоны стабильности орбит с нечетными n больше, чем орбит с n четными. Из этого следует, что первое

подмножество орбит, вероятнее, занимают **массивные спутники**. Однако это не значит, что второе подмножество нереализуемо. Именно здесь, в этих нишах-кольцах будут двигаться спутники более податливые в процессах взаимодействия, т. е. менее инертные и массивные, для которых массивные спутники являются «пастухами».

В местах, заполненных достаточным количеством вещества, реализуется и наблюдается каждая из предсказанных теорией орбит с четными и нечетными n . Более того, как и в трубе Кундта, в этом случае проявляется вся гамма тонкой структуры, соответствующая суперпозиции стоячих волн все более высоких поряд-

ков. Таковы кольца Сатурна, которые впервые в ноябре 1980 г. после пролета «Вояджера» предстали перед учеными не сплошными, гладкими, как ожидалось, а в виде бесконечного числа уплотнений и разрежений (радиальных волн плотности). В связи с этим кажется уместным процитировать здесь одну из наших работ, опубликованную до прохождения «Вояджера-1» вблизи Сатурна: «Особенно четко, с развитой тонкой структурой должны проявиться изоэнергетические комплексы (т. е. кольца радиальной протяженностью a_0), заполненные метеороидным веществом... Под тонкой структурой подразумевается вторичное расслоение первично единых изокомплексов...» (Ю. К. Гулак. О соизмеримостях (резонансах) в Солнечной системе. «Астрономический журнал», 1980, т. 57). Разделение колец Сатурна на кольца D, C, B и A также хорошо объясняется нашей теорией.

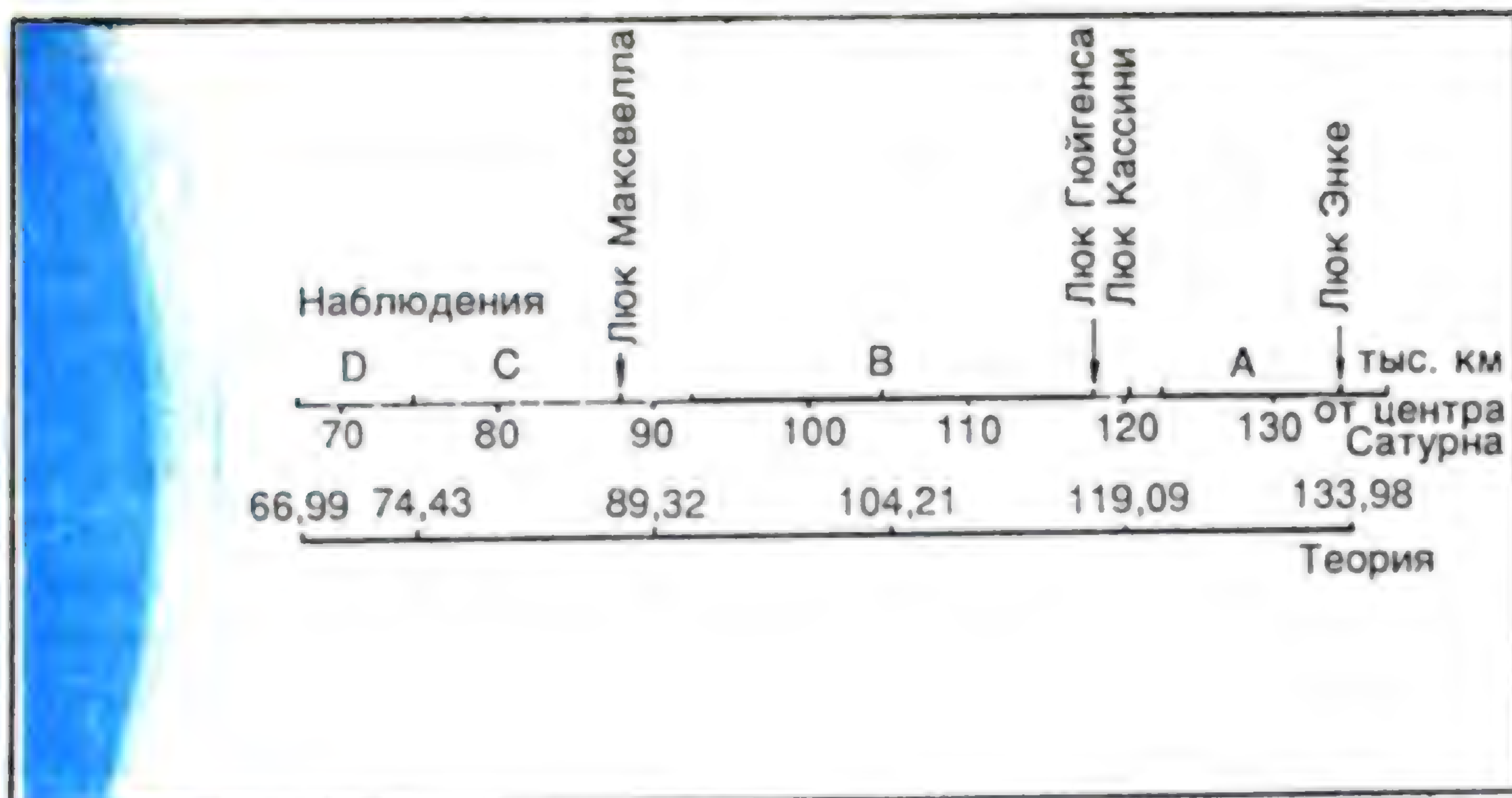
Что же касается Солнечной системы, то, как и предсказывает теория, более крупные спутники находятся здесь на орбитах, соответствующих нечетным n . В порядке удаления от Солнца легко получить средние расстояния больших планет при $n=3, 5, 7, 11, 36,5, 67, 134,5, 211, 277$ (в системе Солнца $a_0=0,2851$ а. е.). Читатель может убедиться еще в одной аналогии с волновыми явлениями, наблюдаемой в распределении планет-гигантов — эффект потери полуволны при отражении от неподвижной преграды (в данном случае от массивных планет). Это еще один аргумент в пользу обсуждаемой теории. Чередующиеся появление и исчезновение 0,5 в выписанной выше последовательности значений n для планет Солнечной системы говорит о том, что у орбит планет-гигантов теряется ха-

ракторная для этого явления полуволна.

Упомянутые ранее долготные стоячие волны (вдоль орбиты) можно наблюдать в виде дуг Нептуна, спиц в кольцах Сатурна, а широтные (по наклону) довольно четко проявляются в поясе астероидов.

Кратко основные результаты можно суммировать так. На основе общеизвестных законов классической физики получено уравнение, математически подобное стационарному волновому уравнению Шредингера. Это позволило предсказать, что в космических планетарных системах из вещества разных фракций постоянных спутников формируются стабильные дискретные динамические образования типа стоячих волн с развитой тонкой структурой. Такие образования можно интерпретировать по аналогии с атомными системами, как результат квантования энергий, моментов импульса, а также других удивительных «странных» явлений и величин. Единственная разница в этих процессах между атомными и космическими системами заключается в том, что в первых квантование проявляется более четко (в силу целократных изменений зарядов ядер атомов химических элементов).

«Квантование, многие десятилетия считавшееся явлением атомного уровня, признанное чуждым представлениям классической физики, является непосредственным следствием последней и охватывает, как микро-, так и макросистемы. Все это совершенно не означает, что величественное здание сов-



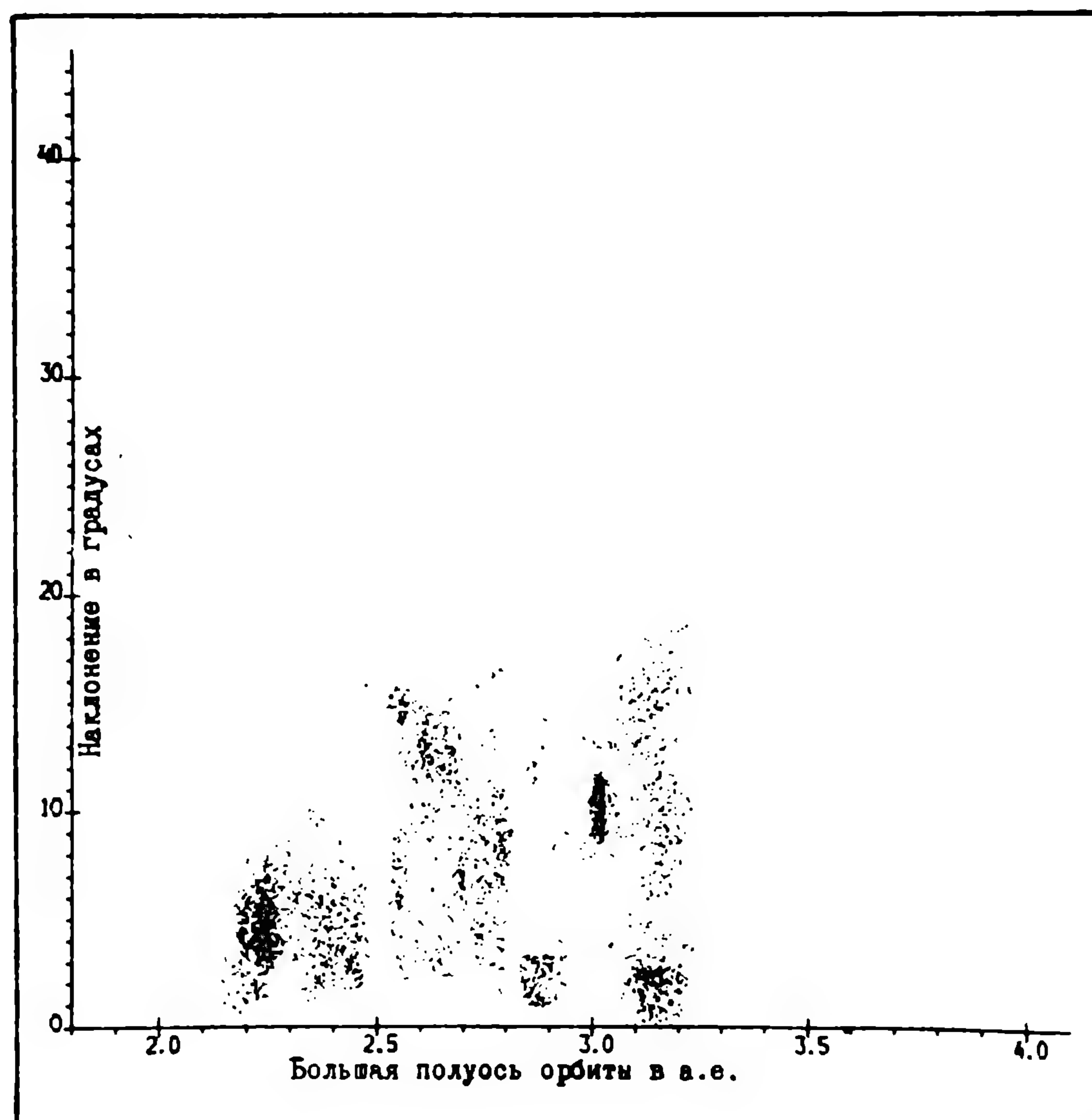
ременной волновой механики должно быть предано забвению. Наоборот, изящная математическая теория, сумевшая описать чрезвычайно обширную область опытных данных с помощью необычных, преимущественно абстрактных, представлений, должна обрести второе, на этот раз физическое, дыхание»³.

В заключение отметим, что все основоположники квантовой и волновой механики М. Планк, А. Эйнштейн, Л. де Бройль, Э. Шредингер, В. Гейзенберг, а в послед-

Кольца Сатурна D, C, B и A (теория и наблюдения)

ние годы и Э. Ферми так и ушли из жизни, не признав нынешнюю ортодоксальную интерпретацию теории микромира.

Распределение астероидов по наклонам орбит. Компьютерная диаграмма построена П. М. Федем



³ Гулак Ю. К. Статистическое квантование в микро- и макросистемах с притягивающим центром. Некоторые вопросы физики космоса.— М.-Л., 1974.

По просьбе редакции статью Ю. К. Гулака и И. А. Дычко комментирует кандидат физико-математических наук В. А. Бронштэн.

Основная идея большой серии работ, о которых говорится в этой статье — структура орбит малых тел в планетарных системах — должна носить дискретный характер. Иначе говоря, некоторые расстояния от центрального тела более предпочтительны для малых тел (сателлитов), чем другие. Обоснованию этой идеи и ее практическим приложениям в астрономии Солнечной системы посвящены 22 публикации Ю. К. Гулака в различных научных журналах нашей страны (тогда еще единой!), начиная с 1960 г. С позиций своей теории Ю. К. Гулак объясняет и дискретную структуру колец Сатурна (а затем и вновь открытых колец у других планет-гигантов), и распределение больших полуосей астероидов, а также и больших планет, и новые данные о пылевых поясах Земли, Луны. А вскоре появились новые подтверждения из таких источников, о которых Ю. К. Гулак даже и не думал.

Однако, идея сама по себе это еще не теория. Еще Иммануил Кант в своей «Общей естественной истории и теории неба» (1755) предсказывал, что кольца Сатурна должны иметь сверхтонкую структуру. «Только разделение кольца Сатурна на обособленные тонкие колечки делает всю систему устойчивой», — писал он. Но Кант не мог тогда предложить строгой математической теории строения колец. Предложил ли ее Ю. К. Гулак?

К сожалению, приходится дать на этот вопрос отрицательный ответ. В той тео-

рии, которая изложена в известных нам публикациях автора, есть немало уязвимых мест. Приведем несколько примеров.

В работах Гулака не учитывались неупругие столкновения частиц пылевого роя между собой. А ведь при таких столкновениях часть энергии переходит в тепло. Поэтому, хотя закон сохранения энергии в пылевом облаке строго выполняется, нужно учитывать и неупругие потери энергии.

А к чему они приведут? Очевидно, к потере механической энергии частиц, к перераспределению моментов вращения и к постепенному выпадению частиц. Этот вопрос служил (и служит сейчас) предметом оживленных дискуссий. Предлагались разные механизмы передачи энергии частицам колец: дифференциальное вращение, возмущения от спутников-«пастухов», резонансные эффекты, вихревые явления (Земля и Вселенная, 1991, № 6, с. 72).

Вернемся к проблеме дискретности структуры колец Сатурна (мы рассматриваем именно их как наиболее яркий пример подобных пылевых структур). Еще в конце 40-х гг. наш замечательный математик и механик член-корреспондент АН СССР Н. Г. Четаев (1902—1959) строго доказал, что движение материальной точки в поле тяготения центрального тела при наличии возмущающих сил будет устойчивым не при любых, а при вполне определенных значениях средней потенциальной энергии частицы (иными словами, большой полуоси ее орбиты). Именно он впервые получил в задаче о возмущенном движении уравнение Шредингера в квантовой механике, и указал на возможность квантования движений не только электронов в ато-

мах, но и материальных частиц (в гамильтоновых системах, к числу которых относятся рассматриваемые авторами статьи планетарные системы).

В 1967 г. на конференции по небесной механике и астеродинамике в Москве эту идею вновь высказал А. М. Молчанов, показавший, что любая эволюционно зрелая колебательная система (прошедшая длительный путь эволюции) стремится к резонансному состоянию, а ее структура задается набором целых чисел, т. е. как бы квантованных состояний. Наша Солнечная система и системы спутников планет — примеры вполне резонансных систем. Работы А. М. Молчанова вызвали оживленное обсуждение в научной литературе (См., например: Белецкий В. В. Очерки о движении космических тел. Изд. 2-е. М.: Наука, 1972, с. 360).

На фоне серии этих и некоторых других работ высокого класса публикации Ю. К. Гулака несомненно проигрывали. Но идея его была здоровой, а результаты расчетов неожиданно получили сильное подтверждение со стороны наблюдателей и экспериментаторов.

В 1983 г. академик В. Л. Барсуков и доктор физико-математических наук Т. Н. Назарова опубликовали результаты повторной обработки показаний датчиков пылевых частиц с ИСЗ «Электрон-1» и «Электрон-3», производивших измерения на расстояниях от 400 до 7100 км от поверхности Земли. Было установлено, что метеорная пыль вокруг Земли распределена не равномерно, а в виде отдельных сгущений, движущихся вокруг Земли по более или менее стабильным орбитам. В 1988 г. те же авторы опубликовали более обширный материал, включавший, кроме измерений двух «Элек-

тронов», данные ИСЗ «Геос-2», искусственного спутника Луны «Луна-10», а также межпланетных космических аппаратов «Зонд-3» и «Венера-2», удалявшихся от Земли в противоположные стороны.

Что же получилось? Наиболее красноречиво об этом говорит следующая приводимая в одной из этих статей таблица радиусов пылевых кольцевых образований, окружающих Землю:

Обнаружено экспериментально, км	Предсказано Ю. К. Гулаком, км	Расхождение, %
779	801	2,7
1294	1159	11,6
2274	2236	1,7
3267	3313	1,4
4478	4390	2,0
5050	5108	1,1
6488	6543	0,8
7028	7261	3,2

Последний столбец (расхождение в %) добавлен нами. Как видим, за исключением второй строки, расхождения составляют 1—3 %.

Расстояния между пылевыми кольцевыми образованиями вокруг Луны, предсказанные Ю. К. Гулаком (12, 23, 35, 59, 70 км и кратные им), также совпали с измерениями «Луны-10». По данным «Зонда-3» и «Венеры-2» была обнаружена система пылевых колец вокруг Солнца аналогичной структуры. Две статьи В. Л. Барсукова и Т. Н. Назаровой содержат ссылки на шесть публикаций Ю. К. Гулака.

И наконец, совсем недавно, в 1991 г. было опубликовано большое исследование распределения орбит метеорных потоков, выполненное харьковскими астрономами — профессором

Б. Л. Кашеевым и доктором физико-математических наук Ю. И. Волощуком. Незадолго до этого шведский астроном Б. Линдبلاد (Лундский университет) составил обширный банк данных по орбитам метеорных тел, куда вошли почти 5 тыс. орбит, определенных по фотографиям, и 62 тыс. орбит по радиолокационным измерениям (в их числе соответственно 1100 и 20 тыс. орбит, определенных астрономами бывшего СССР). Все эти данные были использованы в работе Ю. И. Волощука и Б. Л. Кашеева. Сделав ссылку на работы Ю. К. Гулака, авторы пишут в заключение: «Анализ наблюдений метеоров разными методами показал, что в распределениях элементов орбит метеорных тел содержится некоторая дискретная составляющая,

соответствующая целочисленным значениям квантовых чисел». И далее авторы делают интересные космогонические выводы об эволюции метеорных тел, предлагая следующую последовательность событий: родительское тело (кометное ядро, астероид) — его распад и образование роя частиц — рассеяние роя в пространстве под действием гравитационных и негравитационных возмущений — образование спорадического фона — перегруппировка орбит и концентрация частиц на стационарных орбитах — образование новых метеорных ассоциаций.

Итак, различные экспериментальные данные подтвердили выводы Ю. К. Гулака. Как же обстоит дело с его теорией? По-видимому, этот вопрос требует более обстоятельного анализа. История науки знает множество примеров, когда то или иное упрощение, пренебрежение тем или иным эффектом, формально недопустимое, почти не сказывалось на конечных результатах. Бывало и так, что для правильной идеи предлагалось некорректное доказательство. В общем — будущее покажет.

Гипотезы, дискуссии, предложения

Задержанные радиоэхо и поиск ВЦ

А. Г. ШЛИОНСКИЙ,
доктор физико-математических наук,
Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН

Более 60 лет назад был открыт интересный эффект: у сигналов некоторых земных радиостанций обнаружилось своеобразные радиоэхо, причем время между сигналом и эхом обычно составляло несколько секунд и все время изменялось [Земля и Вселенная, 1973, № 6, с. 68; 1976, № 2, с. 74].

Для объяснения феномена, получившего название задержек сигналов (ЗС), выд-

вигали самые разнообразные гипотезы. Большинство из них трактовали явление как чисто физический эффект, но были и такие, в которых его пытаются объяснить действиями внеземной цивилизации, следящей за жизнью Земли и пытающейся войти с нами в контакт. В этих гипотезах, как правило, множество слабых мест и натяжек, а интерпретация «загадочных сигналов из космоса» неред-

ко оказывается весьма экзотичной...

Автор предлагаемой статьи, специалист в области сверхдальнего распространения радиоволн, давно занимается проблемой ЗС. Он знакомит читателей не только с «естественными» гипотезами происхождения ЗС, но и с некоторыми из интерпретаций с позиций гипотетических посланий «братьев по разуму».

ПЕРВАЯ ГИПОТЕЗА

До сих пор не удается убедительно объяснить задержки сигналов (ЗС), первые зарегистрированные в Норвегии Й. Халсом и К. Штермером и в Голландии В. Полем. 11 октября 1928 г. в 15 ч 30 мин близ Осло зарегистрированы четыре серии ЗС и в 22 ч по Гринвичу в Эйндховене — пятая. Их величины, т. е. промежуток времени между сигналом и эхом, каждый раз изменялись и составили такие ряды (в секундах):

- 1) 15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 7, 6
- 2) 12, 14, 14, 12, 8
- 3) 12, 5, 8
- 4) 12, 8, 5, 14, 14, 15, 12, 7, 5, 5, 13, 8, 8, 8, 13, 9, 10, 7, 14, 6, 9, 5, 9
- 5) 8, 11, 15, 8, 13, 3, 8, 8, 8, 12, 15, 13, 8, 8

Передатчик в Эйндховене мощностью 15 кВт излучал на длине волны 31,4 м, находясь южнее приемника (близ Осло) на расстоянии около 1100 км.

Получив эти данные и другие наблюдения конца 20-х годов, Штермер попытался

объяснить ЗС большими расстояниями, которые преодолевает сигнал в космосе, и его отражением далеко за пределами Земли от корпускулярных потоков Солнца, образующих на расстоянии в несколько десятков радиусов Земли тороидальную поверхность (ее ось совпадает с магнитной осью планеты). Штермер полагал, что внутри тороида нет свободных электронов, а это и вызывает наблюдаемое малое затухание отражающихся ЗС. Не исключал он и возможность многократного отражения и



Так выглядит запись задержек сигналов. Импульсы большой амплитуды — излученный сигнал, низкой — принятый (радиоэхо). Временной промежуток между сигналом и эхом (задержка) все время меняется

фокусировки радиоволн в узкий направленный пучок. По порядку величин рассчитанные значения задержек приближаются к наблюдаемым. В пользу такой гипотезы говорило и то, что 1928 г. был годом максимума солнечной активности, т. е. наибольшей интенсивности корпускулярных потоков. Кроме того, ЗС отсутствовали в период с ноября 1928 г. по февраль 1929 г., когда Солнце удалялось от плоскости геомагнитного экватора.

Для проверки гипотезы Штермера в Англии в 1947—49 гг. провели эксперимент, в котором сигналы сквозь ионосферу выходили прямо в космос. Несмотря на вдвое большую, чем в Эйндрхове, мощность передатчика, ЗС зафиксировать не удалось. Отрицательный результат показал, что плотность электронов в космическом пространстве слишком мала для отражения радиоволн. «Расплывание» сигнала при отражении от потоков заряженных частиц в дальнем космосе также значительно, что не согласуется с малым затуханием и искажением ЗС. Предположение же, что быстрые скачки задержек вызваны перемещениями отражающих поверхностей, представляется нереальным, так

как последние при этом должны иметь скорость порядка десятков тысяч километров в секунду, в то время как доплеровский сдвиг частоты ЗС практически отсутствует.

С началом ракетных и спутниковых измерений существенно изменились представления о структуре космоса. Был обнаружен радиационный пояс электронов на высотах 3—10 тыс. км и частиц большой энергии примерно в четырех радиусах от поверхности Земли. При отражении от него задержки были бы всего около $1/5$ с. В дальнем космосе нет протяженных областей, совершенно свободных от электронов, и плотность их недостаточна для отражения ЗС. Отмечая отрицательный результат английского эксперимента, Штермер в 1955 г. писал: «Исследования, ведущие к объяснению загадочных эхо, очень важны, даже если покажут, что отражаются они не от солнечных корпускулярных потоков на больших удалениях от Земли».

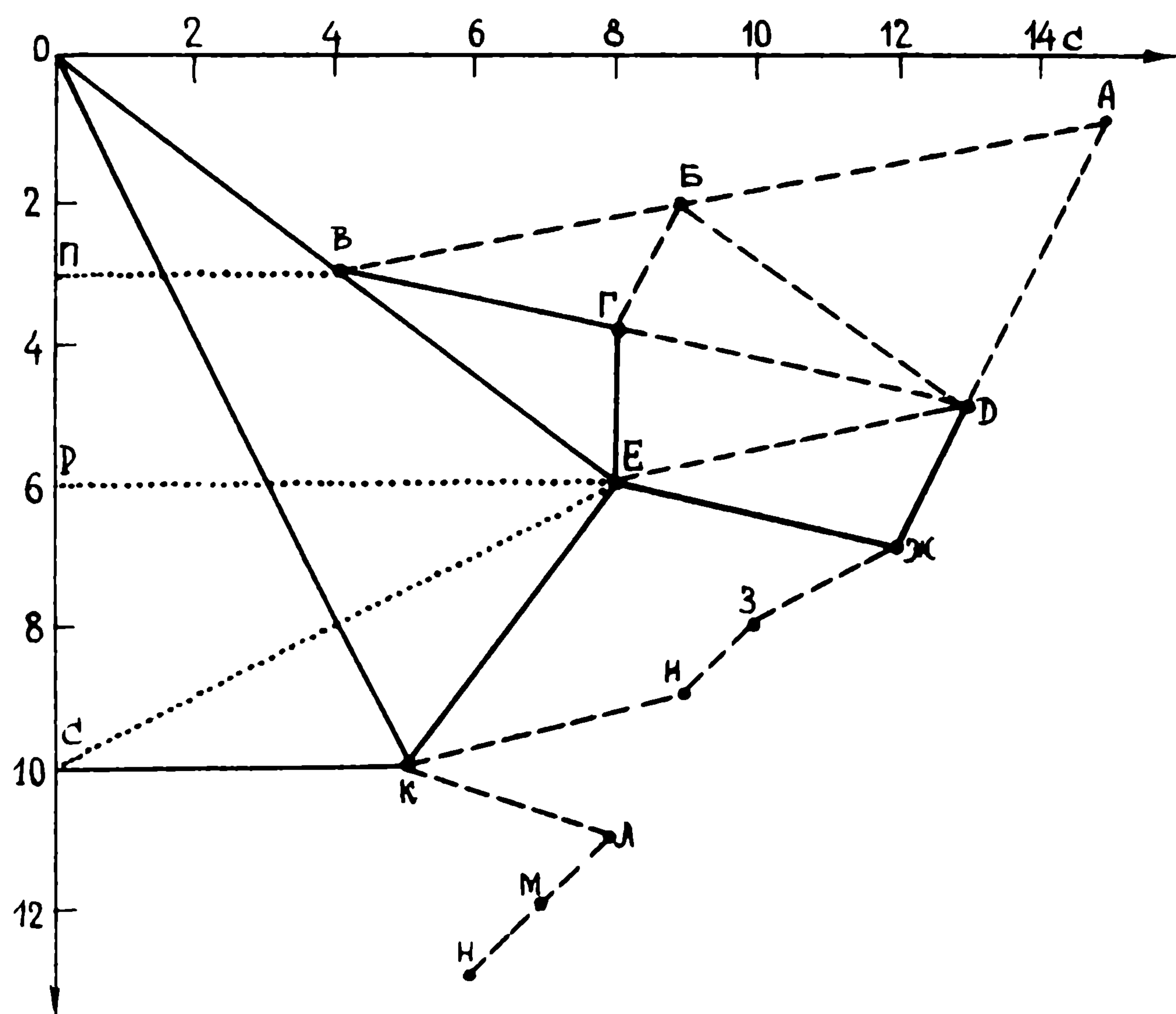
МЕХАНИЗМЫ ЗАМЕДЛЕНИЯ

В отличие от Штермера, современные ему ученые В. Поль в Голландии, Е. Эплтон в Англии, П. Педерсен в Дании и другие полагали, что ЗС отражаются не в дальнем космосе, а в ионосфере или ближней магнитосфере Земли, испытывая замедление не только за счет боль-

ших расстояний, но и вследствие влияния разных замедляющих эффектов. Предположение об отражении ЗС с задержкой около 2,5 с от Луны высказал Й. Халс.

В последующие годы число гипотез стало расти. Д. Бигбю (США) указал на возможную связь ЗС с пролетом крупных метеоритов. Отмечалось, что значительное число ЗС наблюдалось, когда Луна или точки Лагранжа в системе «Земля — Луна» находились выше горизонта пункта приема. В связи с этим обсуждалась возможность отражений ЗС от скоплений пыли и заряженных частиц в облаках вблизи лагранжевых точек. Эксперимент по радиолокации ближайшей точки Лагранжа с мощностью на три порядка выше, чем был в Эйндрхове, проведен в 1980—1981 гг. в Нижнем Новгороде. Однако каких-либо следов ЗС, превышающих более чем в 2 раза уровень космического шума, не обнаружено. Возможно, в период минимума солнечной активности, когда выдувание солнечным ветром пыли, газа и плазмы уменьшится, наблюдения окажутся результативнее.

Не удастся объяснить прием серий ЗС также и отражением от стационарных объектов в космосе. Под влиянием солнечного затмения, лунных приливов, перемещения границы дня-ночи (терминатора) могут возникать неоднородности заряженных



Интерпретация, предложенная С. С. Сергеевым. Задержки отмечены по горизонтали, номера сигналов — по вертикали, в том же масштабе, сверху вниз. В этой версии использованы все 13 точек первой из принятых в 1928 г. серий. Точки возрастающих номеров обозначены буквами в алфавитном порядке от А до Н. Соединяющая их ломаная линия имеет три острия с вершинами В, Е, К, направленными в сторону оси номеров. Проведены перпендикуляры к ней — ВП, ЕР, КС из вершин, отрезки, соединяющие их с началом координат ВО, ЕО, КО, а также ЕС. Ряд треугольных фигур на плоскости (равные прямоугольные треугольники ОСК и ОЕК, равнобедренные треугольники ОСЕ и СЕК)

образует проекцию объемной фигуры — пирамиды ОСЕК. Из 6 ее ребер два — длиной 5 и два длиной 10. Площадь основания 10, а всей суммарной поверхности — 100. Нижняя половина ребра ОЕ, ВЕ — основание параллелограмма БВЕД со смежным треугольником АВД (фигура из 6 точек, включая внутреннюю Г) — похожа на раскрытый конверт — «символ послания». Незамкнутая фигура ВГЕЖДА из 6 точек (непрерывная линия) напоминает часть ковша Большой Медведицы с Полярной звездой. Если из середины отрезка ЗИ провести перпендикуляр, то он укажет на точку В, а продолжение ЗИ — на точку Д (расположенные подобно звездам Алиот и Дубхе).

Ломаная штриховая линия, соединяющая семь последних точек, сходна, по мнению автора интерпретации, с мужским лицевым профилем. Отрезок ЗИ имеет длину $\sqrt{2}$ (не указание ли на парность органа зрения?). Последние три точки Л, М, Н с задержками 8, 7, 6 с численно равными порядковым номерам в периодической системе элементов кислорода, азота, углерода, входящих в атмосферу Земли. Отрезок ЖЗ имеет длину $\sqrt{5}$ (частое повторение 5 не символ ли разума?). Большое число отрезков имеет длину 5: СК, КЕ, БД, ГЖ, КЕ, ЕЛ, ОВ, ВЕ. Параллельные БД, ГЖ похожи на знак равенства и КЕЛ — на римскую цифру 5. Отрезки ОВЕ, АВВ, ВГД, ГЕЛ соединяют группу из трех точек. Прямоугольные треугольники ОГВ и ОРЕ подобны в отношении 1:2 с гипотенузами ОВ-5 и ОЕ-10. Координаты точек А, Б, В (1, 15, 2, 9, 3, 4) дают набор цифр числа пи до шестого знака: 3,141592, что соответствует длине волны 31,4 м, на которой приняты эхо-сигналы. Фрагмент фигуры на врезке получен также на основе первой серии путем симметричного поворота вокруг оси вращения с учетом подобия и т. д. При переходе к другим сериям задержек информация расширяется.

В этом варианте логика и геометрия интерпретации нарушились бы даже при изменении положения хотя бы одной точки, т. е. серия выглядит как достаточно жесткая самосогласованная система. В том же случае, если бы серии представляли собой хаотический набор случайных чисел, вероятность структурных закономерностей была бы крайне мала

частиц плазмы, которые могли бы быть причиной ЗС. В ближней магнитосфере Земли такие неоднородности группируются вдоль силовых линий магнитного поля, образуя своеобразные каналы для распространения радиоволн. Подобные каналы, играющие роль природных волноводов, могут образовываться и в ионосфере.

При благоприятных условиях попавший в канал сигнал может быть «заперт» в нем и многократно переотражаться, пока не появится возможность его выхода. Можно выдвинуть и иные гипотезы. Например, исходя из близости задержек ЗС времени существования шаровых молний. Не способны ли они играть роль плазменных резонато-

ров для встретившихся сигналов, в особенности, если имеет место соответствие размеров и длин волн?

А. Гудакр (Канада) сообщает о наблюдении ЗС с задержками, статически приближенно кратными $1/7$ с — времени кругосветного распространения радиоволн. Например, семикратное огибание земного шара могло бы

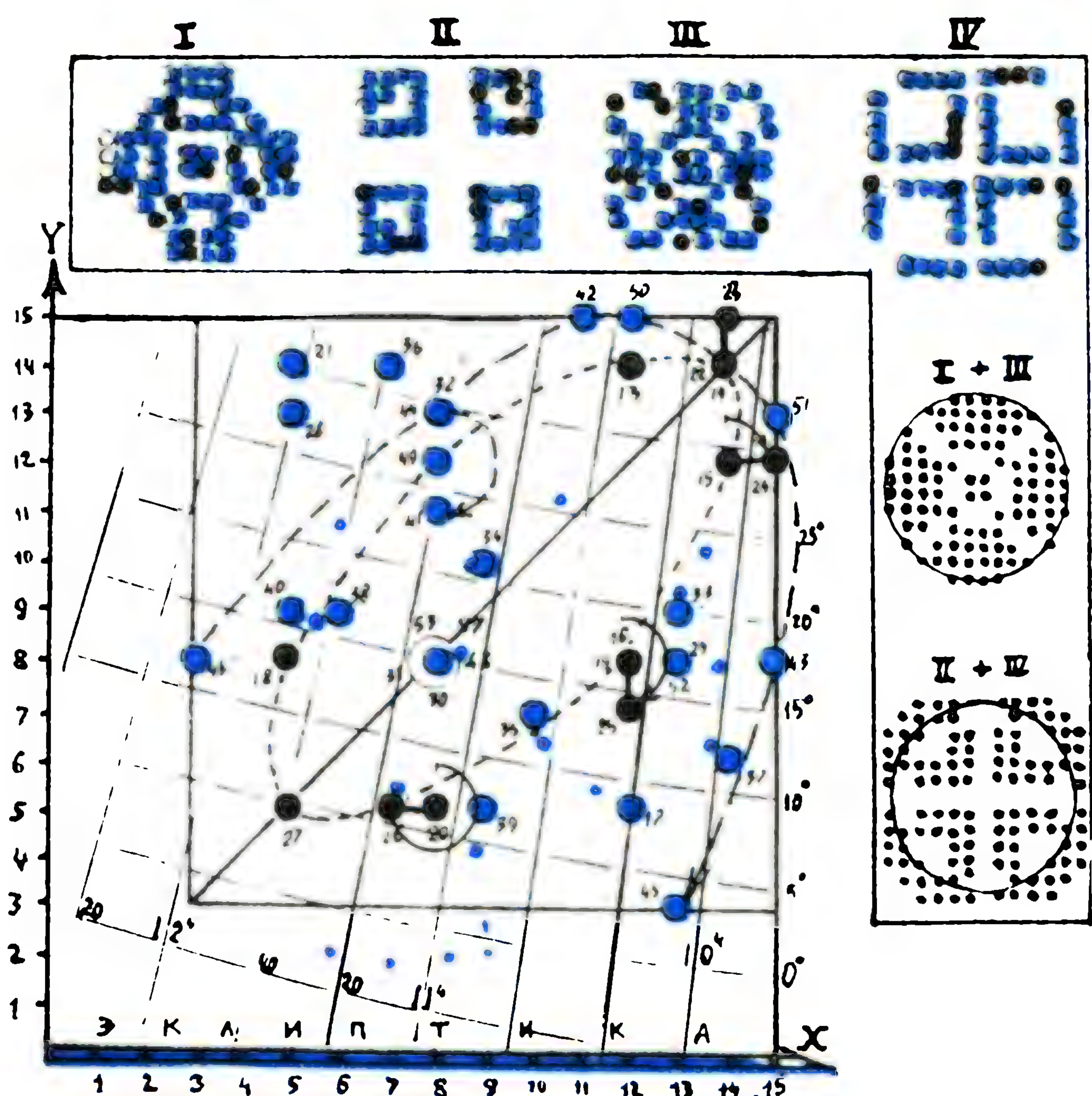
дать задержку в 1 с. Можно предположить, что некоторой компенсации энергопотерь при прохождении сигнала по такому волноводному каналу способствуют разного типа фокусирующие эффекты в нем. Механизм нуждается в экспериментальной проверке с использованием мощных средств кругосветного зондирования.

Многообразие условий, при которых наблюдается ЗС, говорит о том, насколько сложен этот удивительный эффект. Возможно, что источником ЗС могут быть механизмы разной физической природы. Некоторые наблюдения, особенно последнего периода, частично объясняются теми или иными физическими эффектами. В то же время ЗС, зафиксированные исследователями США и других стран, по своим характеристикам существенно отличаются от наиболее сложных для интерпретации наблюдений конца 20-х гг. в Норвегии, Голландии и Индокитае.

РЕТРАНСЛЯЦИЯ?

В многоголосом хоре попыток объяснения феномена ЗС предположение Н. Теслы (США) о возможной причастности к загадочному эффекту внеземных цивилизаций (ВЦ) не было воспринято всерьез, однако, ситуация изменилась с началом космической эры. Не могли ли быть серии ЗС 20-х гг. следствием приема, усиления и задержек сигналов внеземным зондом, пытающимся обратить на себя внимание землян? Попытки расшифровки якобы закодированной в сериях задержек информации начаты с 70-х гг., и, рассматривая такую возможность, нужно иметь в виду, что при этом появляются два альтернативных варианта:

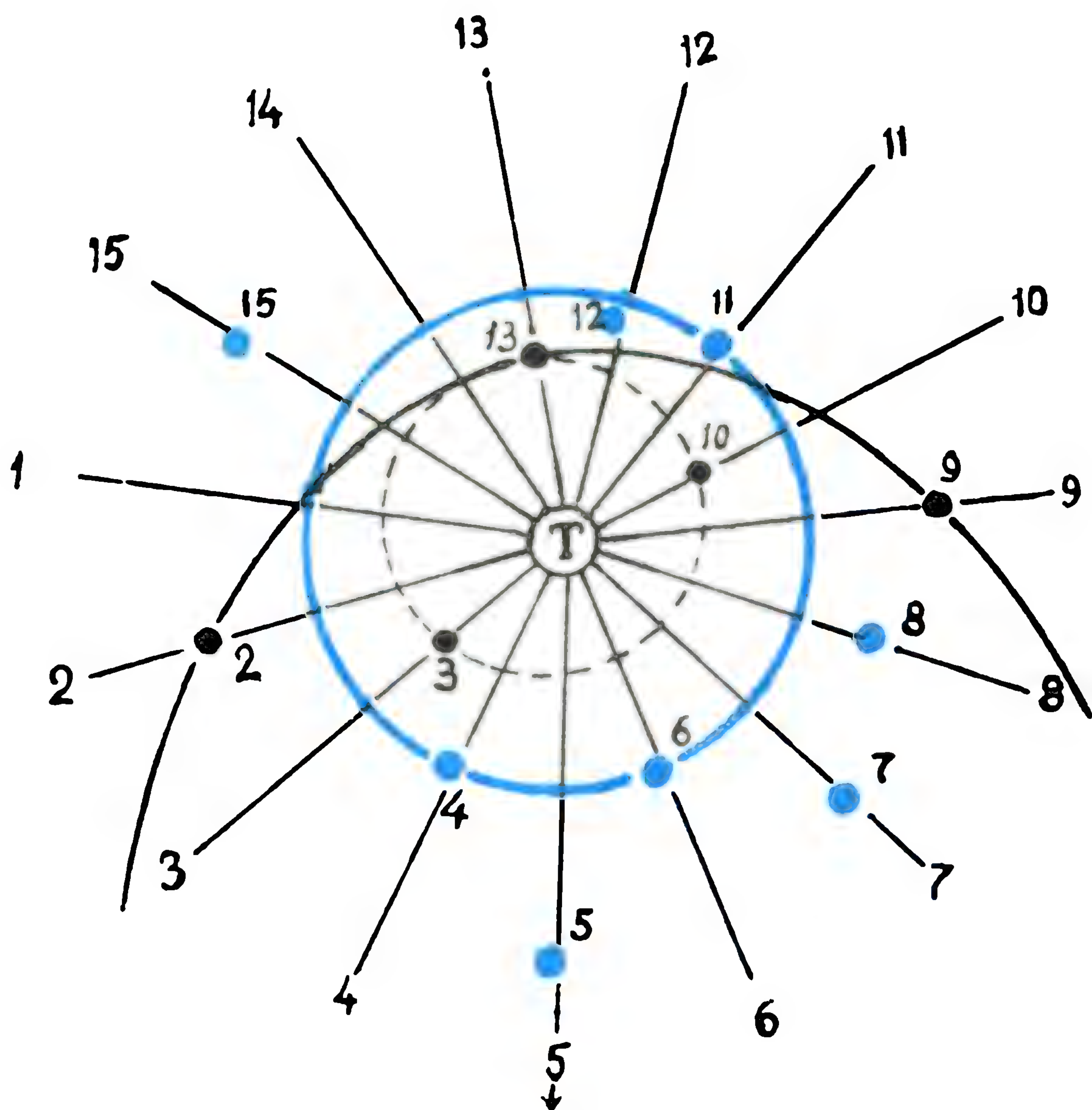
— зонд стремится передать на Землю информацию



Версия П. П. Гилева. Парная группировка с повтором промежуточных значений задержек. Например, для первой серии: 15, 9; 9,4; 4,8 и т. д. Пары наносятся на прямоугольную систему в первой четверти. При таком подходе используется информационный потенциал не только величин, но и знаков разностей соседних задержек. По 12 пар из 1-й и 4-й серий образуют конфигурацию точек, схожую с созвездием Льва, и ориентированной вдоль эклиптики осью абсцисс (сохраняемую и во всех остальных четвертях системы координат вместе с зеркальными отображениями). Ряд точек 2—4 серий образуют орбитальный эллипс, вблизи фокуса которого, как считает автор версии, расположена предполагаемая звезда обитания ВЦ — θ Льва.

На совмещенной с графиком карте звезды указаны красными точками. Нумерация пар координат сквозная для совокупности серий задержек. Точки 13—20, 22, 27 попали на линию эллипса, к фокусу которого близка выделенная двукратно θ Льва. Точки 23—26 указывают на орбитальное вращение, заметна корреляция роста номеров поворота по часовой

стрелке. Траектория полета схематически отмечена точками 42, 43, 45, 50, 51, а возвращения — 46, 44, 41 из пятой серии. С целью анализа полноты информации первичные графики 1-й четверти представляются во всех остальных четвертях вместе с зеркальными отображениями (8 фаз) путем последовательного ступенчатого поворота на 90° . При этом каждая фаза дала очертания созвездия Льва с ориентацией вдоль Эклиптики. На обобщенных графиках I, II, III, IV зачернены кружочки, соответствующие первичным графикам первой четверти. Совместное нанесение точек 13—127 трех серий, не внесло искажений в первоначальное очертание фигуры эллипса. Поэтому они выделены в отдельное сообщение, представленное на графике II. Оставшиеся точки 28—40 и серии, указывающие на Тэту Льва как адрес зонда ВЦ, образовали обобщенный график III с указанием первичных точек. Пятой серии соответствует график IV. Поскольку графики I и III идентичны, путем их совмещения получен график I+III (темный круг). Аналогично из графиков II и IV построен график II+IV



Вариант интерпретации С. М. Ежова. Система координат в форме кругового графика с центром на Земле, плоскость графика совпадает с плоскостью эклиптики. Из центра проведены 15 лучей, на которых отложены величины соответствующих задержек серии. Полученные точки рассматриваются как спроецированные на плоскость графика с небесной сферы (направление на Солнце — радиус № 5). Три точки — 2, 9, 13 — могут рассматриваться как лежащие на эллипсе, и расстояние от его фокуса до Солнца указывает на элементы, сходные с траекторией орбиты астероида 1566 Икар. Точки 4, 6, 11 указывают на местонахождение Луны, а точки 3, 10, 13 относятся к орбите ближнего зонда-ретранслятора. Конфигурация остальных точек (5, 6, 7, 8, 12, 15) интерпретируется как «Созвездие ВЦ», куда входят звезда обитания ВЦ 7 Геркулеса (QC 22553) и звезда солнечного спектрального класса на расстоянии от Земли 32 световых лет η Волопаса (QC 18805), которая может играть роль «форпоста контакта» в предполагаемой комплексной многоэлементной системе наблюдения ВЦ

и получить ответ (в этом случае код должен быть предельно однозначен);

— зонд не стремится к контакту, избегает его, собирает информацию и передает своей ВЦ (в этом случае серии ЗС могут содержать как бы нечаянно подслушанную информацию и расшифровка серий ЗС должна быть более сложной и неоднозначной).

Прежде чем излагать варианты ретрансляционной гипотезы, имеет смысл упомянуть об одном из важнейших аспектов выявления элементов разумности в информации — о «критерии неслучайности». Если в ряде однородных данных (в нашем случае — ЗС) можно усмотреть элемент неслучайности, то это может быть хотя бы необходимым критерием, чтобы считать этот ряд результатом разумной деятельности.

Простейший статистический анализ рядов ЗС показывает, что они могут подпадать под категорию «ра-

зумной информации» — слишком уж мала вероятность случайного появления задержек определенной продолжительности (например, 8, 12 и 5 с).

ВАРИАНТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

С некоторыми из них постоянные читатели «Земли и Вселенной» уже знакомы. Это, во-первых, «классический» вариант, предложенный Д. Льюненом (Лондон). Он расположил точки, соответствующие ЗС в прямоугольной системе координат, где по горизонтальной оси отложены номера точек пятой серии, а по вертикальной — их номера в серии (Земля и Вселенная, 1973, № 6, с. 68.— Ред.). Полученная конфигурация точек сходна с созвездием Волопаса, причем звезда ϵ сильно смещена влево, а Арктур (α Волопаса) показан в положении, которое он занимал 12 600 лет назад. На этом основании предположительно оценивалось время прибытия зонда со звезды ϵ Воо.

Во-вторых, это вариант А. В. Шпилевского. В прямоугольной системе координат по горизонтали — номер сигнала, а по вертикали — задержки пятой серии, т. е. оси координат повернуты на 90° по сравнению с предыдущим вариантом. Конфигурация точек на графике указывает на прибытие зонда с τ Кита (Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 74.— Ред.).

В-третьих, это версия, предложенная И. Илиевым (София). Здесь пары соседних задержек приняты в качестве прямоугольных координат. Точки первой серии образуют фигуру, сходную с созвездием Льва, где у звезды ξ показана только абсцисса (возможно, как адрес пришельцев). Если от 20 с вычитать величины задержек первой серии, нанести получен-

ные значения на такую же систему координат, получается конфигурация точек, сходная, по мнению автора, с летательным аппаратом. Интересно, что древние китайские летописи, в которых говорится о «сынах неба», когда-то посетивших нашу планету, также упоминают созвездия Льва и Большой Медведицы.

Познакомьтесь с другими вариантами — С. С. Сергеева (Санкт-Петербург), П. П. Гилева (Дорогобуж) и С. М. Ежова (Абакан). Все они представлены на рисунках, а в подрисуночных подписях разъясняется подход автора к интерпретации и алгоритмы расшифровки.

Разумеется, мы не можем здесь изложить все гипотезы о появлении ЗС, хотя среди них есть немало весьма любопытных и к тому же подкрепленных иными данными. Например, в 1967 г. Бигбю сообщил об обнаружении де-

сяти малых спутников Земли с орбитами, указывающими, что все они были единым целым до 18 декабря 1955 г., однако ранее этот объект астрономы никогда не замечали. Не поглощал ли он всей поверхностью космическую энергию (подобно земным ИСЗ, частично покрытым солнечными батареями)? Может быть, оберегая энергоресурс и поняв, что земляне не готовы воспринять код, зонд прекратил попытки ретрансляции (чем объясняется неудача позднейших экспериментов). Не исключено также, что, исчерпав энергоресурс и чтобы предотвратить катастрофическое падение на Землю, зонд в 1955 г. самоликвидировался путем взрыва или разделился на продолжающие функционировать части.

Современное состояние проблемы ЗС и возможные пути ее решения обсуждали в ИЗМИРАНе на межведом-

ственном совещании под эгидой Радиосовета РАН, где отмечалось важное значение исследований ЗС. Например, в перспективе возможно определение параметров среды по характеристикам ЗС, идентификация космических сигналов, повышенные надежности передачи информации, ЗС можно использовать для проверки и развития физической теории (например, плазменно-лучевого взаимодействия, солитонов и т. д.).

В последнее десятилетие века НАСА планирует принять участие в поиске внеземных цивилизаций. Целесообразно в международную программу SETI включить и исследования ЗС, предусмотрев поиск зонда на Луне или в точке Лагранжа с помощью наземных средств (лазер или радиолокатор) и космических аппаратов.

Таблица 1

величина	
задержек (с)	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
число случаев	1, 1, 6, 2, 3, 16, 4, 2, 1, 7, 5, 5, 5

Информация

Почему вспыхнула комета Галлея?

В феврале 1991 г. появилось сенсационное сообщение о том, что комета Галлея, удалявшаяся от Солнца и постепенно тускневшая, внезапно ярко вспыхнула (Земля и Вселенная, 1991, № 4, с. 92; № 6, с. 14.— *Ред.*).

Блеск кометы возрос в 300 раз. Сначала предположили, что это

было вызвано столкновением кометы с метеорным телом. Но вероятность подобного события чрезвычайно мала. Поэтому внимание ученых привлекла иная гипотеза.

Д. С. Интрилигейтор и М. Драйер (США) обратили внимание на значительные всплески солнечной активности, происшедшие непосредственно перед вспышкой кометы Галлея и во время нее. Ударная волна, вызванная мощной вспышкой на Солнце, достиг-

нув удаляющуюся комету, могла нарушить ее рыхлую ледяную поверхность и даже распороть часть коры. Из раскрывшейся трещины и было извергнуто облако газа. Бурно расширяясь, оно несло с собою и множество пылевых частиц, интенсивно рассеивающих солнечный свет, тем самым вызывая временное усиление блеска кометы.

Nature, 1991, 3, 10
Science News, 1991, 140, 15

Необычная симбиотическая звезда MWC 560

Переменная звезда MWC 560 в 1990 г. вызвала сенсацию в кругах специалистов-астрономов и до сих пор остается для них загадкой. Звезда достаточно ярка и доступна для наблюдений с небольшими телескопами. И любители астрономии, вооруженные очень скромными средствами (например, самодельным телескопом-рефлектором с зеркалом диаметром 15—20 см), смогли бы не только собственными глазами увидеть необычный небесный объект, вызывающий интерес и дискуссии ученых, но и своими наблюдениями принести пользу науке и оставить в ней свой след.

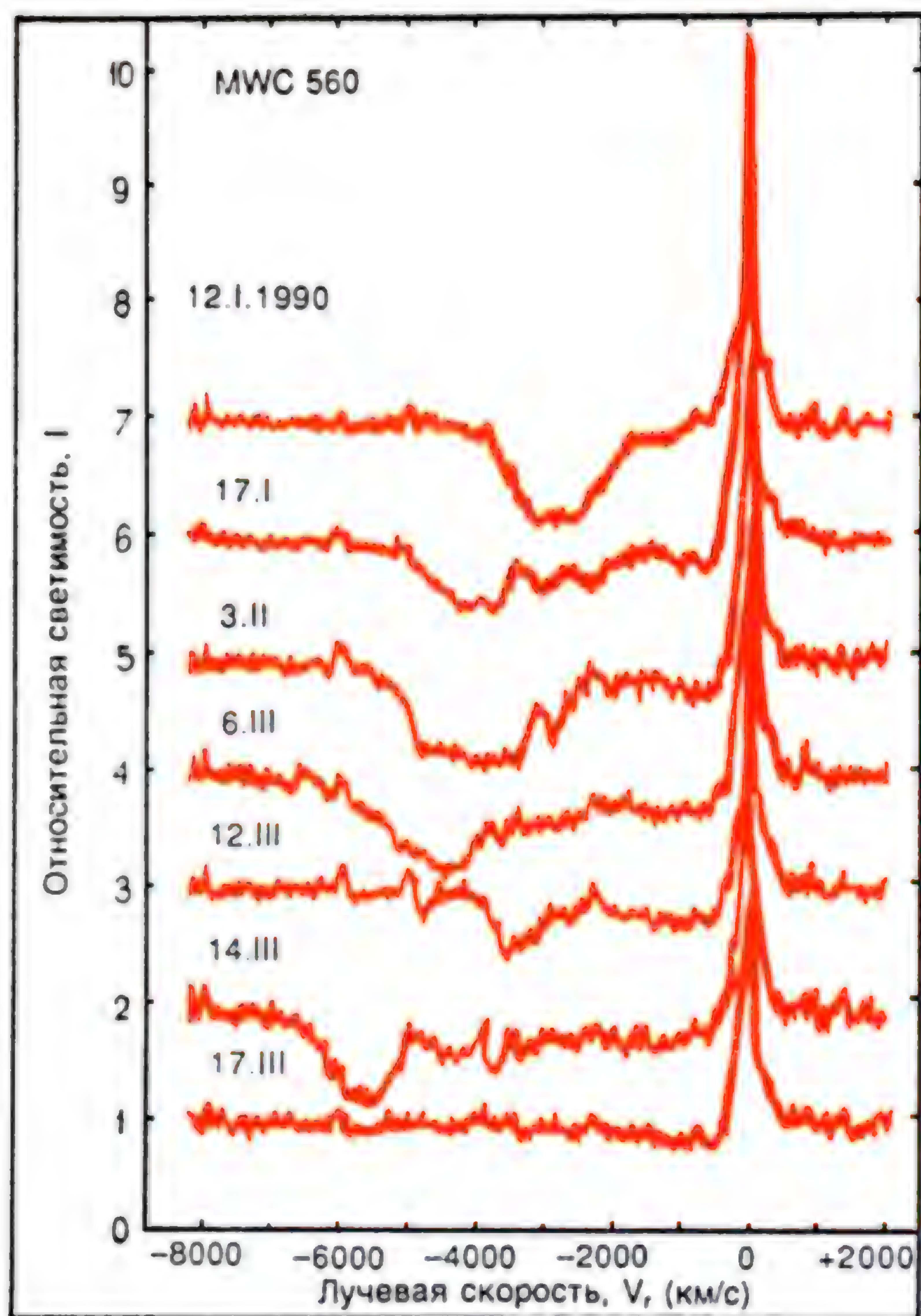
Но расскажем все по порядку.

Звезда MWC 560 была открыта почти полвека назад П. Меррилом и С. Барвелом на обсерватории Маунт Вилсон (США) как источник излучения в водородной линии H_α . В списке пекулярных объектов Н. Сандулика и С. Стефенсона 1973 г. она описана как холодная звезда спектрального класса M4e с видимой звездной величиной примерно 12,5^m. В то же время в Каталоге звезд высокой светимости южного Млечного Пути LSS эта же звезда под номером 391, наоборот, значится как горячая звезда класса OВ:1e, да еще с отметкой «новоподобная». Затем она была отождествлена с инфракрасным источником IRAS 07233—0737, открытым на спутнике ИРАС. Эти противоречивые особенности встречаются в спектрах симбиотических звезд. Спектры таких звезд говорят о наличии плотного горячего газа, разреженной газовой оболочки и холодной

звезды-гиганта с протяженной атмосферой.

Сенсационными оказались результаты спектральных наблюдений болгарского астронома Т. Томова и его коллег на телескопе Национальной обсерватории Рожен зимой и весной 1990 г. В спектрах MWC 560 в районе водородной линии H_β ($\lambda=4861$ Å) кроме узкого пика излучения (эмиссии) газовой оболочки на скорости +60 км/с видны очень широкие компоненты поглощения (абсорбции), появляющиеся в разное время на разных лучевых скоростях в диапазоне от 0 до —6000 км/с. Положения этих компонентов в спектре от ночи к ночи меняются, причем достаточно сильно. Подобная картина наблюдается не только в H_β , но и во всех водородных линиях. Поглощение возникает явно в холодных облаках газа, выбрасываемых из системы с чудовищными скоростями, вполне сравнимыми со скоростями вещества в оболочках сверхновых звезд. Облака газа, движущиеся в сторону наблюдателя, перекрывают свет звезды. Механизм ускорения этих облаков пока не ясен.

Дальнейшие наблюдения звезд (с осени 1990 г. до весны 1991 г.) несколько разочаровали астрономов: спектр звезды сильно изменился и ничего необычного в нем не оказалось. Стало ясно, что выбросы бывают лишь эпизодически. Осенью 1991 г. выброс повторился снова. Еще одно подобное событие было зарегистрировано на старом спектральном снимке неба, полученном с широкоугольной камерой и объективной призмой в 1981 г.



Спектры MWC 560 в области линии H_{β} 4861 Å, полученные зимой и весной 1991 г. Слева от узкого пика эмиссии туманности появляются глубокие провалы в непрерывном спектре на разных лучевых скоростях

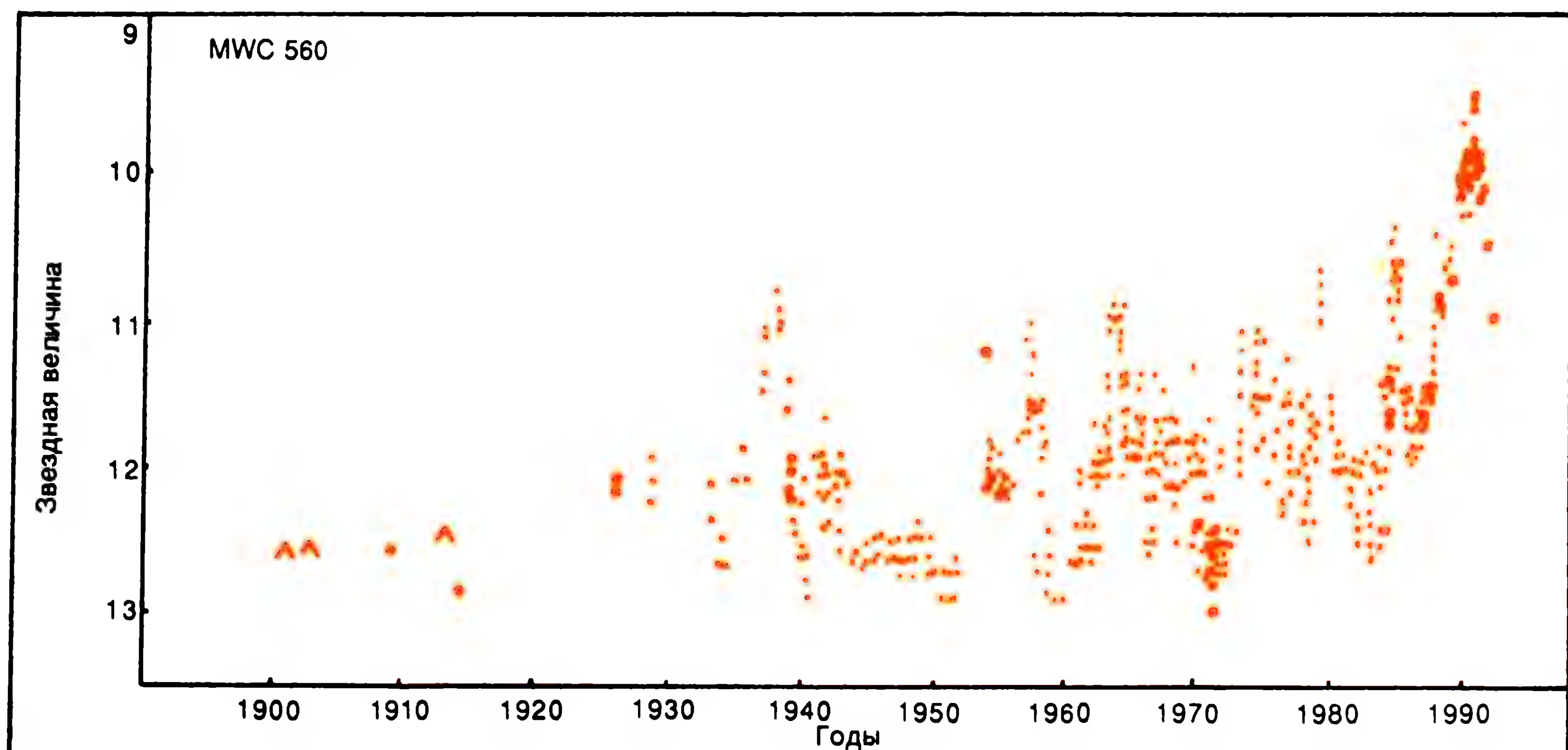
Кривая блеска MWC 560 с 1900 г. Точки — наблюдения по снимкам неба зоннебергской коллекции, кружки — наблюдения по снимкам коллекций Одесской обсерватории и Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга

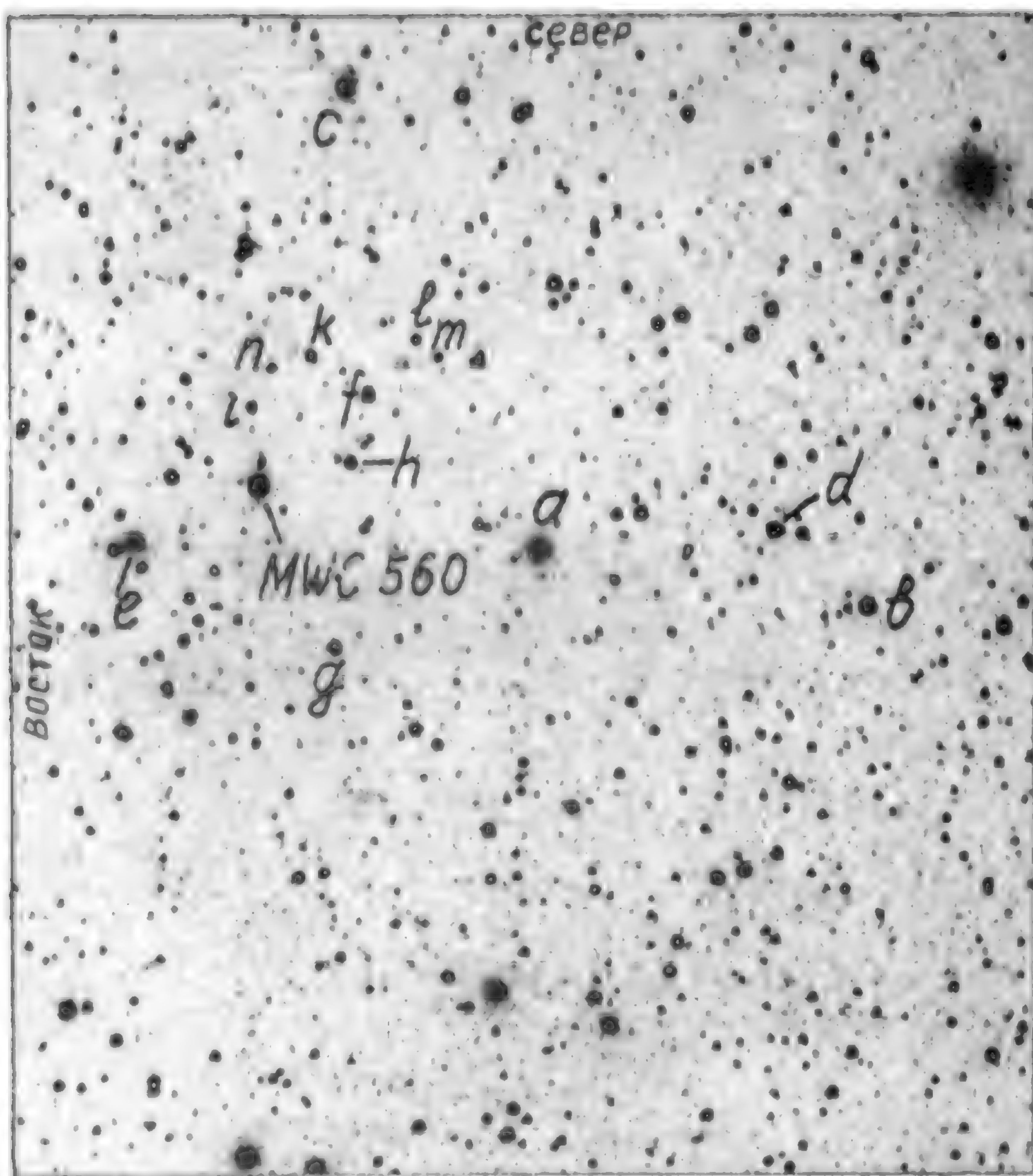
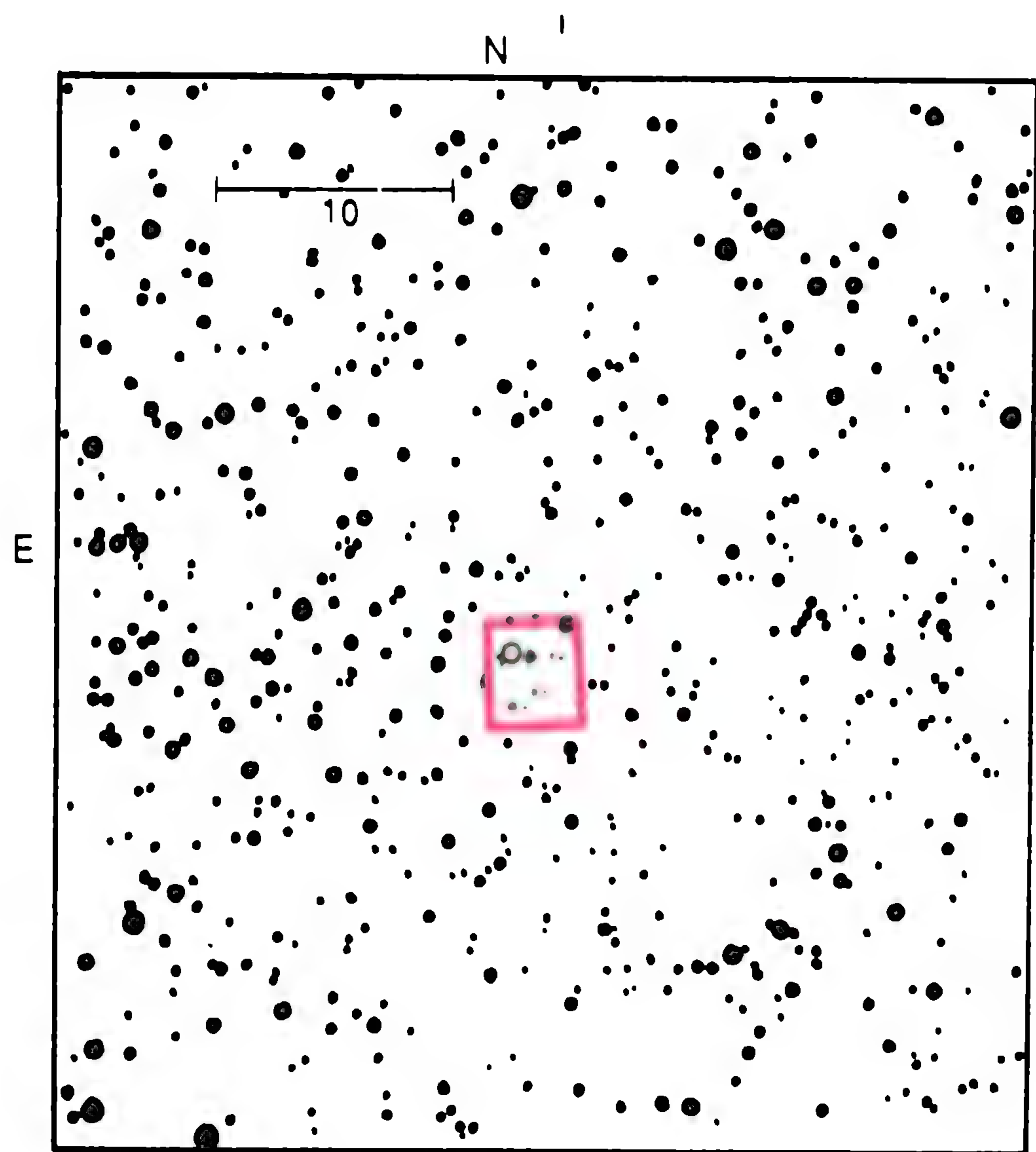
Кривую блеска MWC 560 удалось построить по фотоснимкам неба, хранящимся в коллекциях на разных обсерваториях. На кривой видно, что у звезды один раз в несколько лет происходят вспышки с амплитудой до 2^m. В 1990 г. произошла самая большая за историю наблюдений вспышка на 3^m. В пике этой вспышки звезда достигала величины 9,3^m и была видимой даже в бинокль. Осенью 1991 г. она стала быстро ослабевать. Кроме того, звезда показывает быструю переменность на несколько десятых долей звездной величины за час.

Р. Луттгарт из Зоннебергской обсерватории (Германия), А. Пихун из Одесской обсерватории и автор этой заметки получили глазомерные оценки блеска MWC 560. На двух фотографиях неба, взятых из архивов стеклянной библиотеки, они были получены 6 февраля 1899 г. и 19 марта 1990 г. (звезда выглядит очень слабой и ее блеск значительно ниже обычного уровня блеска 12,7^m (14,2^m и 14,1^m соответственно). Правда, достоверность такого ослабления сомнительна, так как звезда тогда имела явно необычный спектр, и к тому же она расположена на краю снимка, где сильно сказываются абберации объектива.

Как поведет себя звезда в дальнейшем, предсказать невозможно, поэтому надо постоянно следить за ней.

До сих пор в научной литературе еще не опубликованы ни карты, ни точные координаты MWC 560. Так что отыскать эту звезду на небе представляет немалую трудность даже для профессионального астронома. Поэтому приводим здесь координаты с той точностью, с которой они получены привязкой к восьми звездам





астрометрического каталога Смитсоновской обсерватории:

Карты MWC 560 и ее окрестностей: а) Атлас Боннского обозрения. Видны звезды до 10^m , б) Снимок окрестностей MWC 560, полученный в синих лучах на 50-сантиметровой камере Максудова. Относительная яркость звезд сравнения на снимке может отличаться от видимой глазом.

На фотографии видны звезды до 17^m

Прямое восхождение
 α

$7^h 23^m, 25, 92^s$
 $7^h 25^m 51, 20^s$

Склонение
 δ

$-7^\circ 38' 05, 4''$
 $-7^\circ 44' 07, 1''$

Эпоха

1950,0
2000,0

Примечание

точность
1,0''

А теперь несколько полезных советов начинающим любителям астрономии, которые хотели бы испытать свои силы и получить для науки достоверные наблюдательные данные (Земля и Вселенная, 1988, № 5, с. 83. — Ред.). Прежде всего необходимо завести журнал наблюдений, в котором записывать дату, состояние неба, название звезды, точное время наблюдений (до 0,1 мин), указать летнее оно или зимнее. Перед наблюдениями нужно проверять часы по сигналам радио, а поправку часов записывать в журнал и затем ее учитывать в расчетах.

Момент наблюдения нужно перевести в юлианскую дату. О том, как это сделать

на ПЭВМ, писал журнал «Земля и Вселенная, 1988, № 3, с. 86.— Ред.), но можно воспользоваться таблицами перевода календарных дат в юлианские, которые есть в справочнике П. Г. Куликовского. В расчетах на калькуляторе или на персональном компьютере очень удобна формула, предложенная В. Г. Куртом в предисловии к книге Ж. Меёса «Астрономические формулы для калькуляторов», (М., Мир, 1988).

О методах оценок блеска переменных звезд можно прочитать в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского, в книге «Что и как наблюдать на небе» В. П. Цесевича, в заметке «Наблюдения

переменных звезд простейшими методами» Н. Н. Самуся в «Астрономическом календаре» за 1989 г. К сожалению, многие книги для любителей астрономии, занимающихся переменными звездами, давно не переиздавались и стали библиографической редкостью.

Обработанные результаты наблюдений следует высылать автору данной статьи.

Если кому-нибудь удастся наблюдать вспышку MWC 560 или резкие изменения ее блеска, превышающие 1^m , надо срочно сообщить об этом по указанному адресу.

Видимые звездные величины звезд сравнения

	V		V
a	8,43 ^m	h	12,48 ^m
b	10,19	i	12,70
c	10,25	k	12,96
d	10,57	l	13,10
e	10,62	m	13,75
f	11,30	n	14,67
g	11,95		

В. П. ГОРАНСКИЙ
119899 Москва,
Университетский проспект,
д. 13, ГАИШ МГУ

Информация

Планеты у пульсара

Большой интерес среди астрономов вызвало сообщение о том, что А. Вольщан и Д. Фрейл, работая на гигантском радиотелескопе обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико), в конце 1991 г. обнаружили две планеты, которые обращаются вокруг пульсара PSR 1257+12.

Пульсар расположен на расстоянии 1600 св. лет от нас (в созвездии Девы). Это нейтронная звезда, вращающаяся со скоростью один оборот за 6,2 миллисекунды (мс). Постепенное изменение периода говорит о том, что пульсар входит в систему, включающую два небольших тела, вероятно, планеты. Их массы примерно втрое превышают массу Земли, а период обращения вокруг пульсара у одной из них составляет 67, а у другой — 95 сут.

Сотрудники Астрономического института в Кембридже (Велико-

британия) И. Стивенс, М. Рис и Ф. Подсядловский пришли к следующему выводу: пульсар PSR 1257+12 разрушил своего компаньона, а две планеты возникли в результате этого процесса. Ученые разработали модель, где исчезнувший компаньон — обычная звезда, сходная с нашим Солнцем, но вдвое менее массивная. Он обращался вокруг пульсара со скоростью 1 оборот в сутки. Часть массы этой звезды обрушилась на пульсар, уменьшив его период обращения всего на несколько миллисекунд. При таком быстром вращении пульсар превратился в мощный источник излучения, причем внешние слои звезды начали бурно расширяться и покидать звезду. Еще в 1988 г. астрономы обсерватории Аресибо открыли пульсар (он получил прозвище «Черная вдова»), который также «поедает» своего компаньона.

Теряя один внешний слой за другим, звезда постепенно уменьшается в массе. Силы тяготения ее ослабевают, пока, наконец, звез-

да не разорвется на части за какие-нибудь несколько часов. Ее вещество распределяется по орбите и образует вокруг пульсара узкое газовое кольцо. Затем это кольцо превращается в плоский тонкий газовый диск, очень сходный с тем, что окружал Солнце во время образования планет. По мнению кембриджских исследователей, диск нового пульсара должен породить свои планеты.

Другие теории, объясняющие возникновение планет у пульсаров, исходят из осуществления довольно редкого события — столкновения «бродячего» пульсара со звездой, уже обладавшей планетами, или же слияния двух белых карликов, которое приводит к рождению пульсара, окруженного газовым диском.

Теперь дело за радиоастрономами. Они могут проверить предположение о том, что «припульсарные» планеты — совсем не редкость во Вселенной.

New Scientist, 1992, 133, 1809

Любительская астрономия

В ожидании «звездного дождя» Леонид

М. В. ГОРШЕЧНИКОВ
Астрономическая обсерватория
Кировского пединститута

Астрономы-любители ждут 1999 г., когда должно произойти небывалое зрелище — «звездный дождь» потока Леонид. Чтобы лучше подготовиться к этому событию, надо уже сейчас начинать наблюдения за этим метеорным потоком.

ИЗ ИСТОРИИ ЛЕОНИД

Первые документальные свидетельства наблюдений потока можно найти еще в китайских летописях 1768 г. до н. э. Позднее, хотя и с большими перерывами, дожди Леонид наблюдались арабами, японцами и другими народами в 585, 867, 902, 1002, 1035—1037 гг. Записи о наблюдениях хранят суеверный страх перед величественным зрелищем «звездного дождя» Леонид. Так, в 1035 г. император Японии даже объявил амнистию своим заключенным, истолковав по-своему «знак небес».

Первое упоминание о Леонидах на Руси содержится в Лаврентьевской летописи. О метеорном дожде 1202 г. сказано: «В 5 часов ночи потече небо все... течение звездное бысть на небеси, отторгаху бо ся звезды на землю». В московской летописи 1533 г. читаем: «Звезды

небеси протягахуся яко же вервии, летааху с востока на зимний запад», а в древнем Новгороде явление принимали за ангелов, стреляющих «яко дождь» огненными стрелами.

Красочно описывает картину метеорного дождя Леонид 1799 г. немецкий естествоиспытатель А. Гумбольдт, наблюдавший поток вместе с Э. Бонпланом в городе Кумане (Венесуэла): «Тысячи болидов и падающих звезд непрерывно пролетали друг за другом в течение четырех часов... По словам Бонплана, он не видел ни одного участка неба, равного по величине трем диаметрам Луны, который ежесекундно не заполнялся бы болидами и падающими звездами». Основываясь на этом описании, советский исследователь метеоров Р. Л. Хотинюк сделал приблизительный подсчет часового числа Леонид, давший около 300 тыс. метеоров в час. Подобный дождь наблюдался и ранее, в 1733 и 1766 гг. индейцами Южной Америки.

Феноменальный метеорный дождь в ночь с 12 на 13 ноября 1833 г. знаменовал собой рождение нового раздела науки — метеорной астрономии. Тогда ученые вплотную занялись изучением метеоров, что привело к важным открытиям: профессор Д. Ольмстед (США) впервые определил положение радианта Леонид в созвездии Льва, немецкий уче-



ный В. Ольберс доказал периодичность повторения максимумов потока, а профессор Изельской обсерватории Г. Ньютон определил период Леонид (33,25 г.) и точно предсказал дату следующего метеорного дождя.

Метеорный дождь 13 и 14 ноября 1866 г. был не таким обильным, как в 1833 г.— часовые числа в максимуме едва достигали 10 тыс. Но и это произвело на очевидцев сильное впечатление. Так, наблюдавший его сторож Пулковской обсерватории объявил господам астрономам, что скоро вовсе те останутся без работы: звезды с неба так и сыплются!

А предсказанный метеорный дождь 1899—1900 гг. вообще не состоялся. Напрасно готовились астрономы к грандиозному зрелищу и в 1932—1933 гг. Хотя активность Леонид в эти годы и возросла до сотен метеоров в час, ничего похожего на дожди прошлых максимумов не наблюдалось. Повинны в этом оказались планеты-гиганты Юпитер и Сатурн, своими мощными возмущениями отклонившие центральную часть роя от земной орбиты.

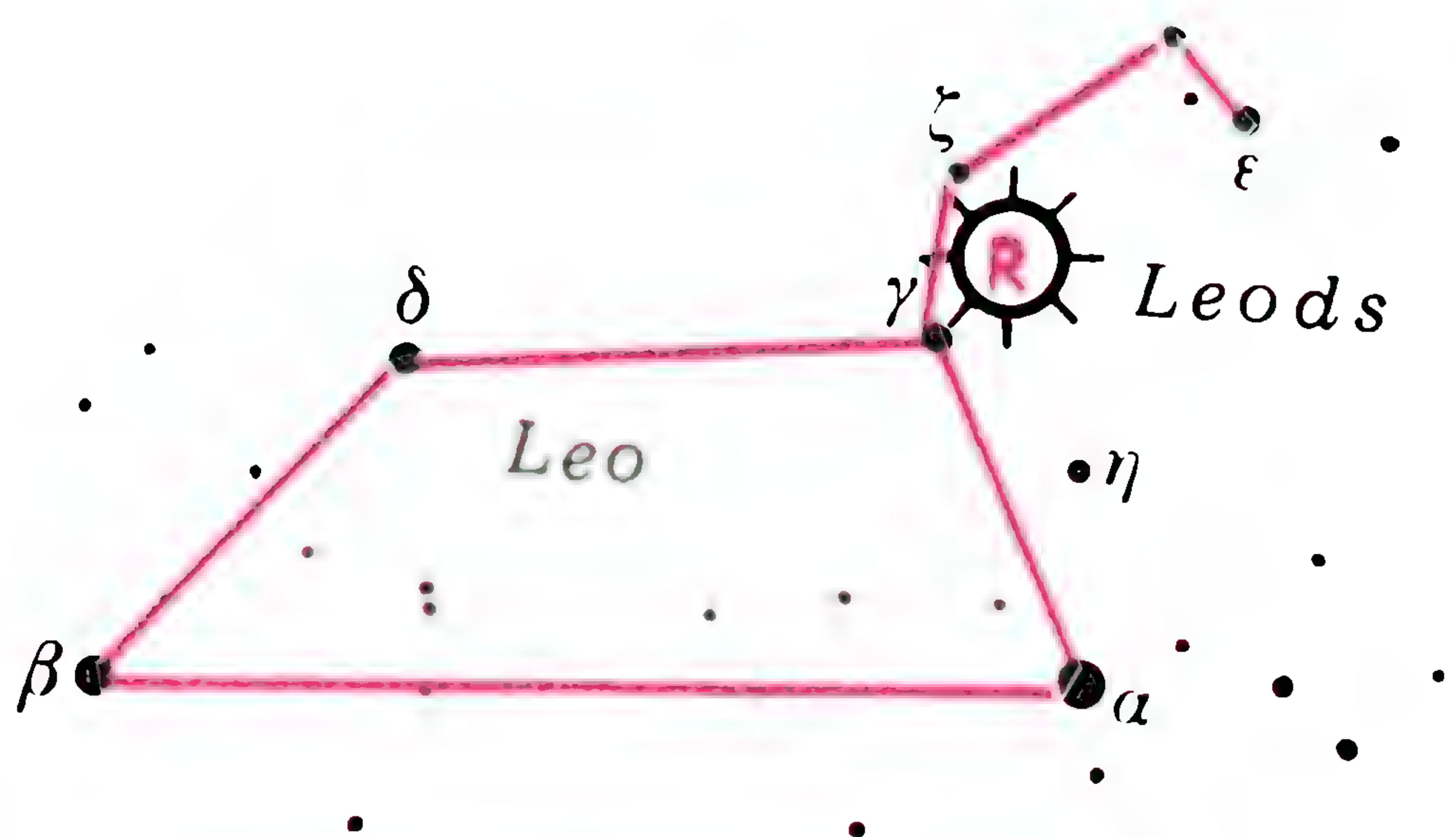
Последний дождь Леонид наблюдался в 1966 г. Профессионалы и любители тщательно подготовились к незабываемому зрелищу. Были организованы специальные экспедиции по наблюдениям за Леонидами. И дождь состоялся! Правда, длился он всего около 30 мин, но часовое число достигло 140 тыс. Закончился дождь появлением ярких болидов. Это означало,

А. Гумбольдт и Э. Бонплан наблюдают метеорный дождь Леонид 1799 г.

что Земля пересекла окраинный участок роя, богатый крупными метеороидами.

Так как максимум в 1966 г. пришелся на 15 ч 17 ноября по Всемирному времени, то наблюдать метеорный дождь удалось лишь в западном полушарии — США, Канаде, Гренландии, Мексике, Кубе, в Тихом океане, а также на Аляске, Чукотке и Камчатке. В нашей стране метеорный дождь 1966 г. наблюдался в основном с арктических станций, работавших в условиях полярной ночи. Первой из них о дожде сообщила станция «Острова Известий ЦИК» (широта 76°), отмечая, что одновременно на небе вспыхивали по пять и более метеоров, причем «беспрерывно летели метеоры в одном направлении, с севера на юг. Некоторые из них возникали в зените и скрывались над южным горизонтом, некоторые показывались с северного горизонта, пропадали в зените, часть летела через весь горизонт, оставляя за собой яркую полосу».

После 1966 г. активность Леонид опять упала и в настоящее время остается примерно на обычном уровне, с зенитным часовым числом около нескольких десятков метеоров. Правда, в 1990 г. уже появились сообщения, что активность Леонид возросла. Так что наблюдателям метеоров пора опять приниматься за работу.



Полсжение радианта Леонид на небе в созвездии Льва

УСЛОВИЯ ОЧЕРЕДНОЙ ВСТРЕЧИ

Известно, что одной из причин образования метеорных роев является разрушение кометных ядер. Когда комета приближается к Солнцу, верхний слой льдов испаряется, и мелкие частицы ядра отрываются от него, увлекаемые газами. Покинув родительское тело, эти частицы продолжают движение по той же траектории, постепенно растягиваясь вдоль всей орбиты кометы. В старых роях (например, Геминиды) распределение метеороидов по орбите равномерное и активность потока из года в год остается на одном и том же уровне.

Иное дело — Леониды. Этот рой сравнительно молодой. И каждый раз, когда Земля попадает в наиболее плотную часть роя вблизи кометы-родоначальницы, наблюдается мощное усиление активности потока — метеорные дожди. Конечно, высокая плотность роя — понятие относительное, ведь даже в самые сильные дожди расстояние между отдельными частицами роя составляет десятки километров.

Комета, породившая Леониды, хорошо известна — это комета Темпеля—Туттля (1866 f). Хотя эта яркая комета наблюдалась и раньше, «официально» ее открыли только в 1866 г. Ее орбиту изучали видные астрономы того времени — Ж. Леверье (1811—1877), Д. Скиапарелли (1835—1910), Т. Оппольцер (1841—1886), Д. Адамс (1819—1892). Было установлено сходство орбит кометы Темпеля—Туттля и роя Леонид и доказано их родство.

После 1866 г. комета Темпеля—Туттля была утеряна и вновь переоткрыта лишь в 1965 г.

Орбита Леонид проходит вблизи орбит Юпитера и Сатурна, причем Юпитер подходит к Леонидам почти на 0,7 а. е., а Сатурн — на 0,4 а. е., оказывая возмущающее действие на рой. Из-за большого наклона орбиты (162°) Леониды движутся фактически навстречу Земле. Поэтому геоцентрическая скорость роя очень велика и составляет 72 км/с.

Каким же будет предстоящее сближение потока Леонид с Землей?

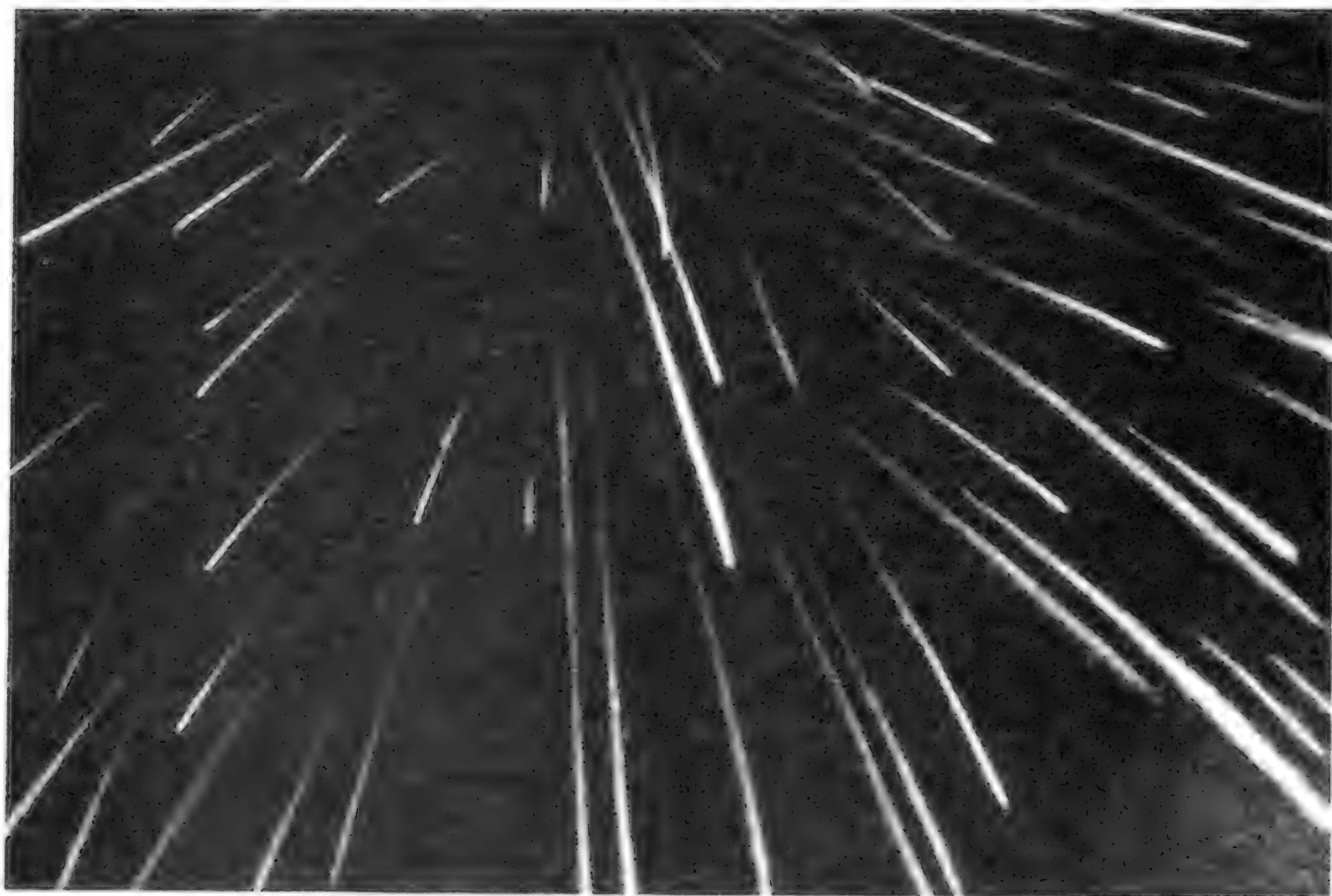
В 1998 г. комета Темпеля—Туттля пройдет перигелий 27 февраля. Следовательно, в 1997 г. Земля пересечет орбиту на 102 дня раньше, чем там окажется комета, а в 1998 и 1999 гг. — соответственно позже кометы на 263 и 629 дней. Учитывая, что Земля встречается с разными выбросами кометы, произошедшими еще в прошлых прохождениях перигелия, можно предсказать, что самые сильные дожди Леонид на этот раз должны состояться в 1999—2000 гг., численность же Леонид в 2001—2002 гг. понизится, но тем не менее может сравняться с 1966 г.

СОВЕТЫ НАБЛЮДАТЕЛЯМ

Всем любителям астрономии мы предлагаем активно включиться в программу «Леониды: 1991—2001 гг.» Программа даст возможность последовательно проследить длительный и подробный ход активности метеорного потока от минимума до сильнейшего метеорного дождя, и рассчитана на 10 лет. Работать по ней могут и начинающие любители, и опытные группы наблюдателей метеоров.

Начинающим наблюдателям необходимо прежде всего ознакомиться с положением радианта потока ($\alpha=10^h10^m$, $\delta=22^\circ$) и определить время его восхода над горизонтом в данной местности (Леониды — «утренний» поток). Для этого нужно хорошо изучить звездное небо, уметь определять угловые расстояния на небесной сфере, приобрести опыт наблюдения метеоров любых потоков, ежегодно проводя сначала тренировочные, а затем и более профессиональные наблюдения Геминид, Квадрантид, Лирид, Персеид, Драконид, Орионид. Леониды нетрудно выделить среди других метеоров — они очень быстрые, и почти у всех ярких метеоров остаются зеленоватые следы.

В журналах наблюдений, кроме характеристик метеора (номер, время, поток или фон, звездная величина метеора в максимуме блеска по сравнению со звезда-



ми на той же угловой высоте), необходимо точно указывать время наблюдений и перерывов в них, предельную звездную величину звезд в зените на каждый интервал, облачность, центр и диаметр поля зрения, отвлекающие помехи.

Более опытным наблюдателям можно посоветовать включать в программу определение зенитного расстояния до вспышки (середины) метеора, угловую длину метеора, его скорость, цвет, положение максимума блеска на траектории. Надо попытаться точно отождествлять потоки фона, в том числе малые потоки, для чего нужна серьезная подготовка и знание радиантов. Одновременно с потоком Леонид будут действовать Тауриды, Ариетиды, Андромедиды, ξ Тауриды, Кмино-Авригиды и другие потоки фона.

Квалифицированные группы опытных (3—8) наблюдателей могут использовать самый результативный метод — многократный счет метеоров в единой для всех ограниченной зенитной области неба (Земля и Вселенная, 1986, № 5, с. 94.— Ред.) Главное здесь — независимость оценки блеска метеора каждым наблюдателем, а также непрерывное наблюдение избранного участка неба в течение определенного интервала. (Земля и Вселенная, 1983, № 4, с. 66.— Ред.)

Квалифицированные наблюдения позволят вычислить функцию светимости Леонид,

Фотография пары персеид, полученная автором 13 августа 1991 г. на фоне созвездия Персея (фотоаппарат «Зенит TTL», пленка 250 ед. ГОСТа)

их относительную и абсолютную численность, плотность и структуру роя, распределение частиц по массам. Многолетние наблюдения помогут выявить флуктуации потока и получить крупномасштабную структуру Леонид (Земля и Вселенная, 1986, № 1, с. 89.— Ред.).

Может так случиться, что в максимум эпохи действия потока, т. е. в ночь с 18 на 19 ноября уже в 1997 г., читатели вспомнят об этой статье и найдут номер журнала за 1992 г. Им мы можем посоветовать, например, такие приемы наблюдений:

1) резко (до 5°) сузить диаметр поля зрения;

2) регистрировать только яркие метеоры (например, до $+1^m$);

3) каждый наблюдатель ведет счет метеоров в определенном диапазоне блеска, например, — 2^m и ярче, — 1^m и 0^m , 1^m , 2^m ;

4) все ведут счет метеоров одного блеска за малый промежуток времени, затем — другого блеска и т. д.;

5) результаты счета записываются на магнитофон каждым наблюдателем, при этом делаются отметки времени на ленте и т. д.

Интересно также постараться получить

фотографии метеоров во время «звездного дождя», регистрировать следы ярких Леонид и наблюдать их дрейф.

Результаты наблюдений Леонид просим присылать в центр научно-любительских исследований метеоров по адресу: 610002 Киров, ул. Ленина, 111, КГПИ, КирОАГО, программа «Леониды».

Любительская астрономия

Наблюдения покрытия Луной Марса

22 марта 1991 г. состоялось покрытие Луной планеты Марс. Его можно было наблюдать на широте г. Архангельска и, в частности, в поселке Катунино, который находится километров на 18 к югу от Архангельска. Переведя предвычисленные моменты, указанные в Астрономическом календаре ВАГО, на моменты местного времени, я получил, что начало покрытия должно произойти в $19^{\text{ч}}18^{\text{м}}12^{\text{с}}$, а конец в $20^{\text{ч}}26^{\text{м}}18^{\text{с}}$ (правда, в Астрономическом календаре моменты указаны с точностью до 0,1 мин).

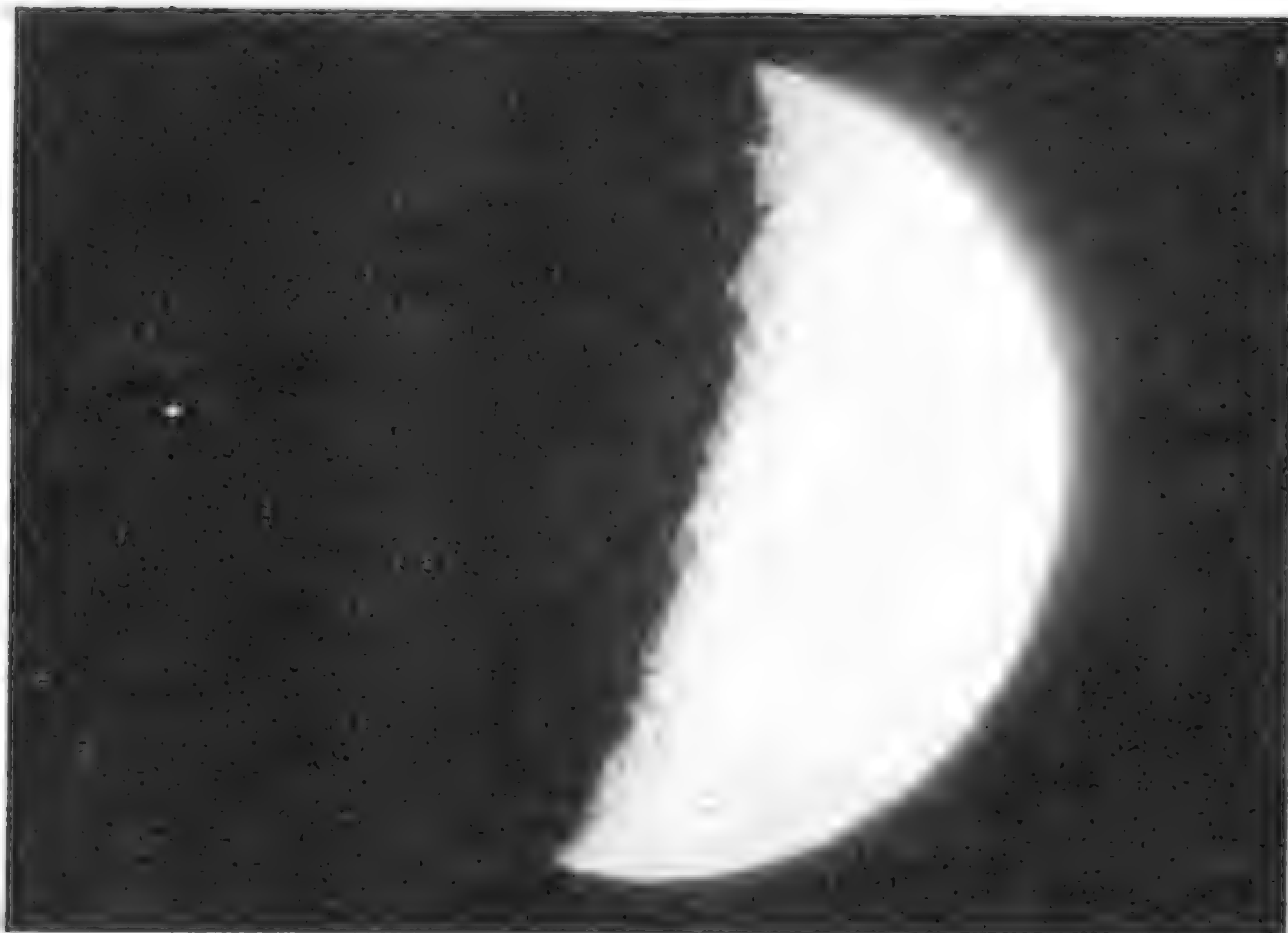
Визуальные наблюдения проводились на телескопе «Алькор». Параллельно я фотографировал явление, для чего использовал небольшой астрограф, укрепленный на «Алькоре», и телеобъектив «ЗМ—6А» с конвертером на фотоаппарате «Зенит—Е». Этими инструментами я сделал около пятидесяти снимков. Время каждого снимка отмечалось по электронным часам марки «Электроника-52», которые были предварительно выверены по радиосигналам точного времени.

Начинаю наблюдения. В телескоп заметно, как Луна неумолимо приближается

к Марсу. Она должна покрыть Марс своей неосвещенной стороной. Пока достаточно светло, так что пепельного света нет, и отметить точно первый контакт, когда Луна коснется Марса, будет сложно. Тем не менее мне удалось сделать это с точностью до 1 с.

Первый контакт произошел в $19^{\text{ч}}18^{\text{м}}15^{\text{с}}$ (т. е. момент отличался от предвычисленного на 3 с), второй — когда Марс полностью скрывался за лунным диском — отмечен в $19^{\text{ч}}18^{\text{м}}25^{\text{с}}$ (время московское). Таким образом, Луна покрывала диск Марса 10 с (угловой диаметр Марса составлял тогда около $6,6''$). В телескоп при 88-кратном увеличении он был виден как маленькая оранжевая горошинка, в центре которой с трудом можно было различить очертания морей.

Появление Марса из-за лунного диска пришлось ожидать довольно долго. Около $20^{\text{ч}}20^{\text{м}}$ я был наготове. Марс должен появиться теперь из-за освещенной части лунного диска. Он выходил возле южного края Моря Кризисов. К сожалению, заметить появление Марса (третий контакт) мне не удалось. Я смог отметить лишь



Марс перед закрытием его Луной. Снимок получен с помощью телеобъектива «ЗМ-6А» с конвертером. Фотоаппарат «Зенит-Е» ($t=19^{\circ}13'10''$). Время экспозиции — 1 с

Марс появился из-за диска Луны ($t=20^{\circ}37'00''$). Снимок сделан 50-миллиметровым астрографом, фотоаппарат «ФЭД», пленка 64 ед. ГОСТа, выдержка 1 с

полный выход Марса из-за диска Луны. В $20^{\circ}26'30''$ состоялся четвертый контакт. Разница в 12 с от предвычисленного момента меня не смутила. Во-первых, это вызвано тем, что координаты п. Катунино отличаются от координат г. Архангельска. А во-вторых, точность расчетных моментов составляет приблизительно 6 с.

Невооруженным глазом появление Марса из-за диска Луны нельзя заметить даже через 20 мин после четвертого контакта, так как его блеск «забивался» ярким блеском Луны.

Видимость во время наблюдения была отличной, хотя на улице дул сильный ветер и мороз достигал -10° . Диски Луны, Марса и Юпитера были очень резкими.

А. В. ЛЕУШКАНОВ
(164413, Архангельская область,
п. Катунино, ул. Катунина,
д. 5, кв. 1)



Солнце в апреле — мае 1992 г.

К концу первой декады апреля число Вольфа (W) понизилось до 50. Во второй половине апреля к Земле была обращена более активная сторона Солнца, что сопровождалось ростом всех индексов активности. В конце второй и начале третьей декады число групп пятен составляло 8—10, а величина W превысила отметку 200 (достигая иногда 280 единиц). Обычное распределение активности сохраняется более одного оборота, поэтому можно было ожидать, что в мае вариации W будут иметь такой же характер, как и в апреле. Но картина оказалась иной. Если в апреле среднемесячное значение W составляло порядка 120, то в мае оно оказалось ниже 100 (впервые за последние 3,5 года!). Причем пятна уже не образовывали заметных локальных концентраций, а более или менее равномерно распределялись по солнечной поверхности. Как правило, это 3—6 групп, а в отдельные дни — до 8. Преимущественно они состояли из небольших пятен и пор, имели простую структуру и зачастую жили лишь день-два. Единственное исключение — группа, возникшая 19 мая в северном полушарии и устойчиво сохранявшаяся на протяжении всего прохождения по диску.

Итак, в апреле-мае произошло довольно заметное понижение среднего уровня солнечной активности.

*В. Г. БАНИН,
доктор физико-математических наук
С. А. ЯЗЕВ*

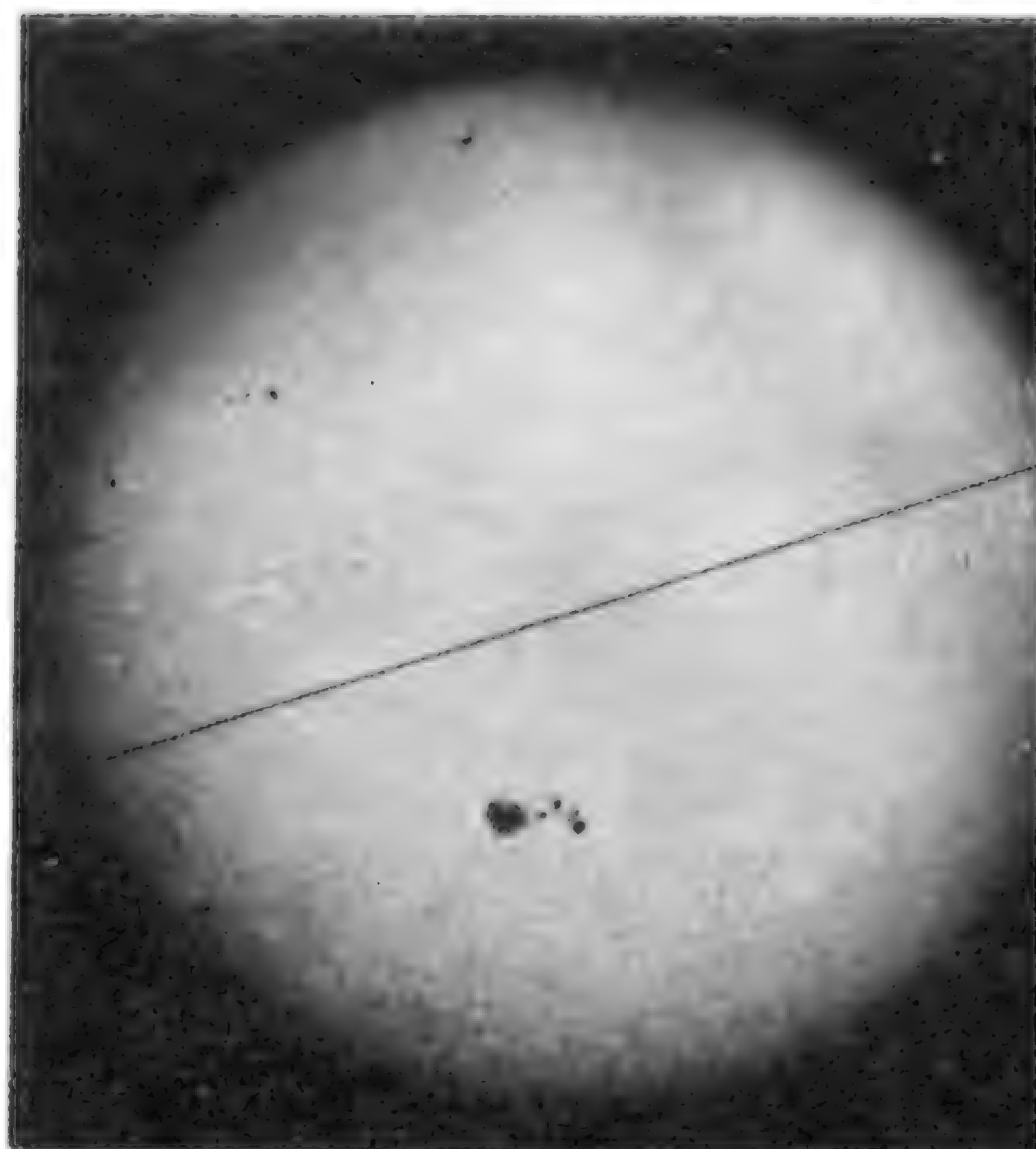
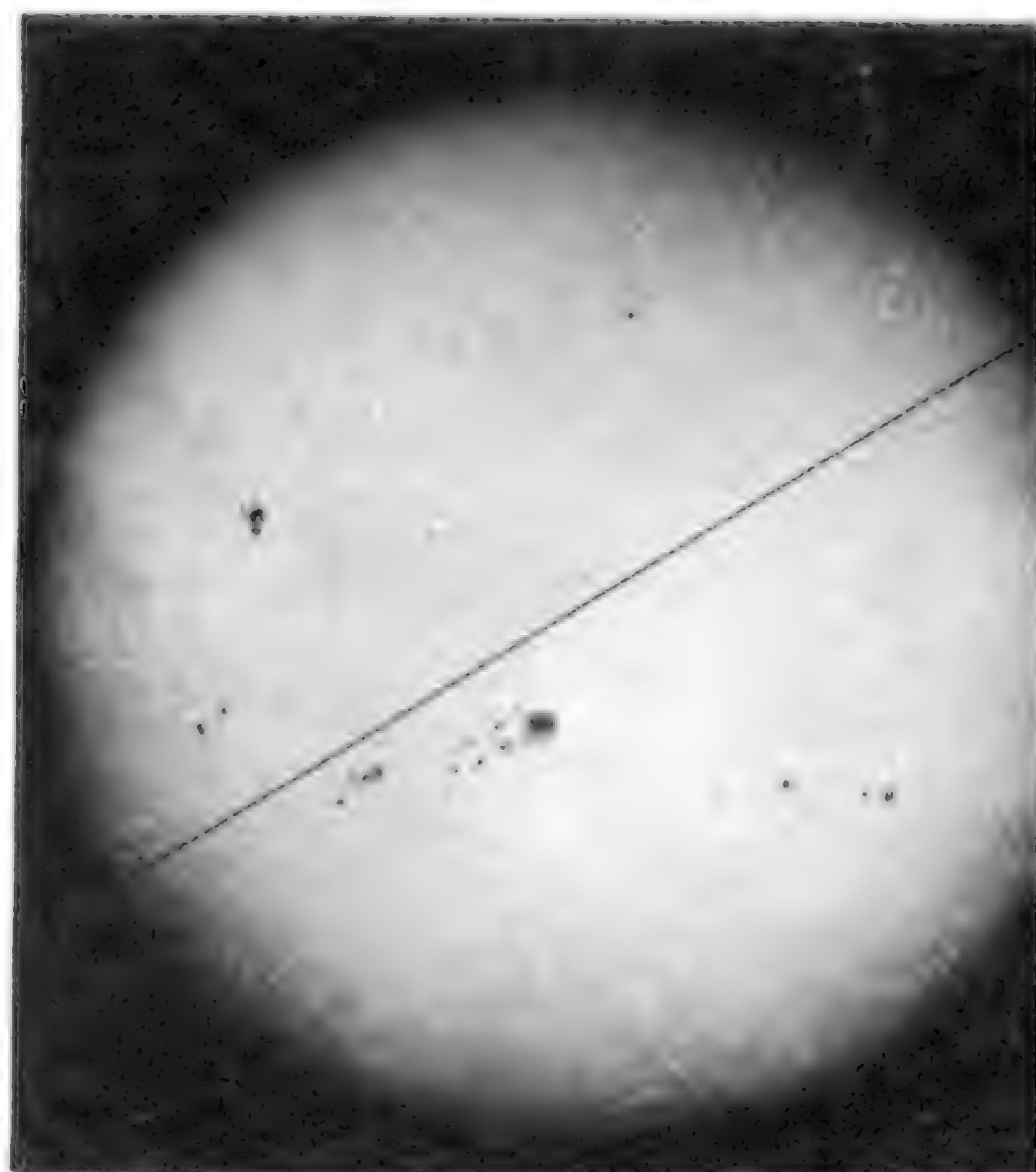
Активность Солнца во второй половине апреля 1992 г. Возможно это один из последних мощных всплесков пятнообразования в текущем цикле.

(Снимок получен Т. В. Говориной 22.04.1992 г. в Байкальской астрофизической обсерватории)

Солнечный диск 23 мая 1992 г. Показана примерно та же часть солнечной поверхности, что и на соседнем снимке. Видно, что апрельские группы пятен почти полностью разрушились. В северном полушарии развивается одинокая крупная группа пятен. Такие изолированные структуры могут быть либо случайными, либо представлять собой начальное ядро нарождающейся концентрации активных областей. (Снимок получен С. А. Язовым в Байкальской астрофизической обсерватории)

Хромосфера Солнца 19 мая 1992 г. Отсутствие крупных пятен отражается на виде флоккульных полей: они диффузны и слабы. Лишь зарождающемуся крупному пятну в северном полушарии соответствует довольно яркая компактная структура.

(Снимок получен Т. В. Говориной на хромосферном телескопе Байкальской астрофизической обсерватории)



Звездный лабиринт: октябрь-ноябрь

В наших северных широтах в середине осени любителей астрономических наблюдений ждет удивительное время — пора сюрпризов. Хотя ясные ночи теперь не так часты, как, скажем, летом, но они подчас просто поражают своей кристальной прозрачностью. В это время даже в Москве становится отчетливо виден Млечный Путь, а телескоп как будто «прозревает» и показывает мириады вдруг возникших слабых объектов. В такую ночь вы можете даже не узнать «старого знакомого» — настолько изменится его внешний вид...

Высоко на юге расправил свои крылья Пегас. Самая яркая из его галактик — NGC 7331 — имеет блеск 9,5—9,7^m, размеры 9'×2'. В хорошую ночь она видна даже в малый школьный рефрактор и в «Алькор». Это одна из немногих галактик, у которой в небольшой телескоп можно различить спиральную структуру: 20-сантиметровый рефрактор при увеличении 100×—200× позволит рассмотреть темную полосу, протянувшуюся вдоль западного края ее овала. NGC 7331 окружена целой свитой более слабых галактик, однако она никак не связана с ними, а просто NGC 7331 находится гораздо ближе к нам и случайно проецируется на эту группу. NGC 7335, ее ближайшую соседку, можно заметить в 20-сантиметровый телескоп (ее размер около 1,5'), для поиска же NGC 7337 и NGC 7336 (около 1') потребуется 25-сантиметровый.

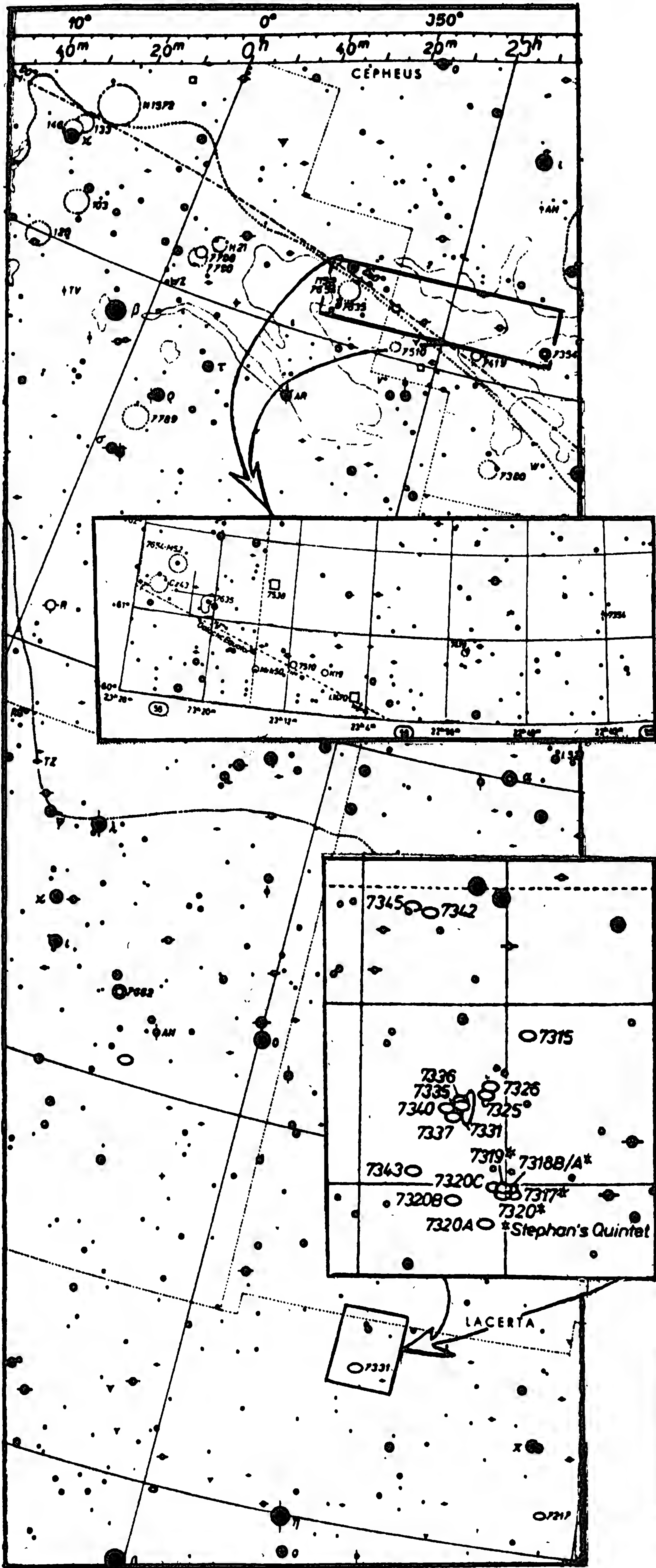
Наблюдение галактики NGC 7217 не вызовет особых трудностей: в небольшой телескоп она выглядит небольшим туманным овалом размером 3'×2,5' и блеском 10,2^m, в «Мицар» уже можно заметить относительно яркое центральное сгущение.

В «Новом общем каталоге туманных объектов» («NGC») Г. Дрейер поместил следующее ее описание: «Яркая, довольно большая, с постепенным повышением яркости к центру, легко разрешаемая на звезды»¹. И, хотя теперь мы знаем, что ни одну из галактик нельзя разделить на звезды визуально (а Дрейер составлял свой каталог на основании именно таких наблюдений), подобные описания подогревают любопытство и побуждают выяснить, что же имел в виду составитель.

На приведенной здесь карте чуть севернее звезды β Пегаса можно найти маленький овал — галактику NGC 7457. Поскольку на карте ее обозначение отсутствует, это означает, что составитель атласа, А. Бечварж, считал, что блеск этого объекта ниже 12^m. «Sky Catalogue 2000.0» («SC»), однако, приводит оценку в 10,76^m, которая кажется более близкой к действительности. Овал галактики (2'×0,5') становится значительно ярче к центру, а с северной стороны его видны две слабые звезды.

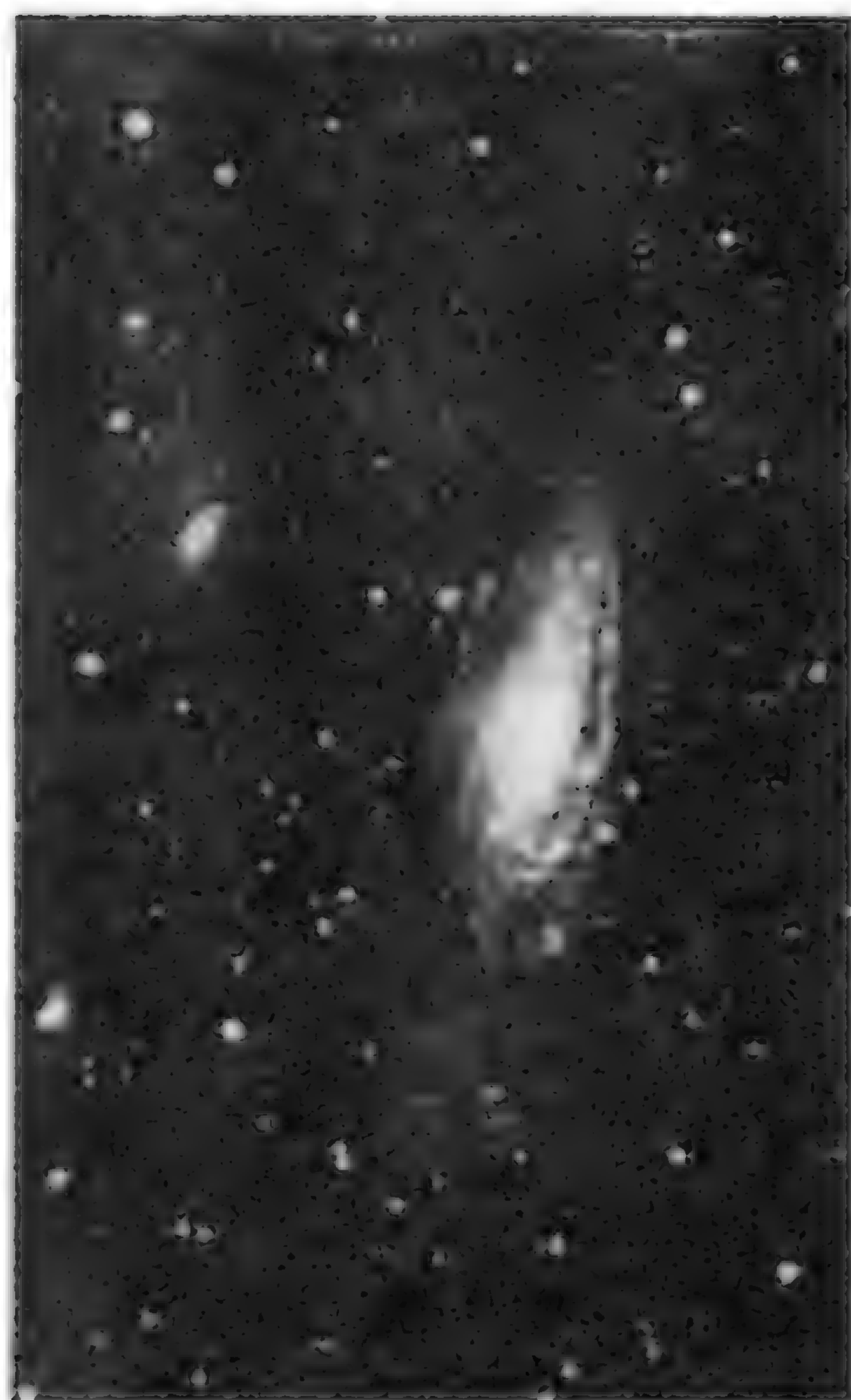
К югу от α Рег расположена интересная галактика NGC 7479 ($\alpha_{1950.0}=23^h02,4^m$, $\beta_{1950.0}=+12^\circ03'$) класса SBb. Это слегка вытянутое пятнышко света (3'×2,5', блеск —

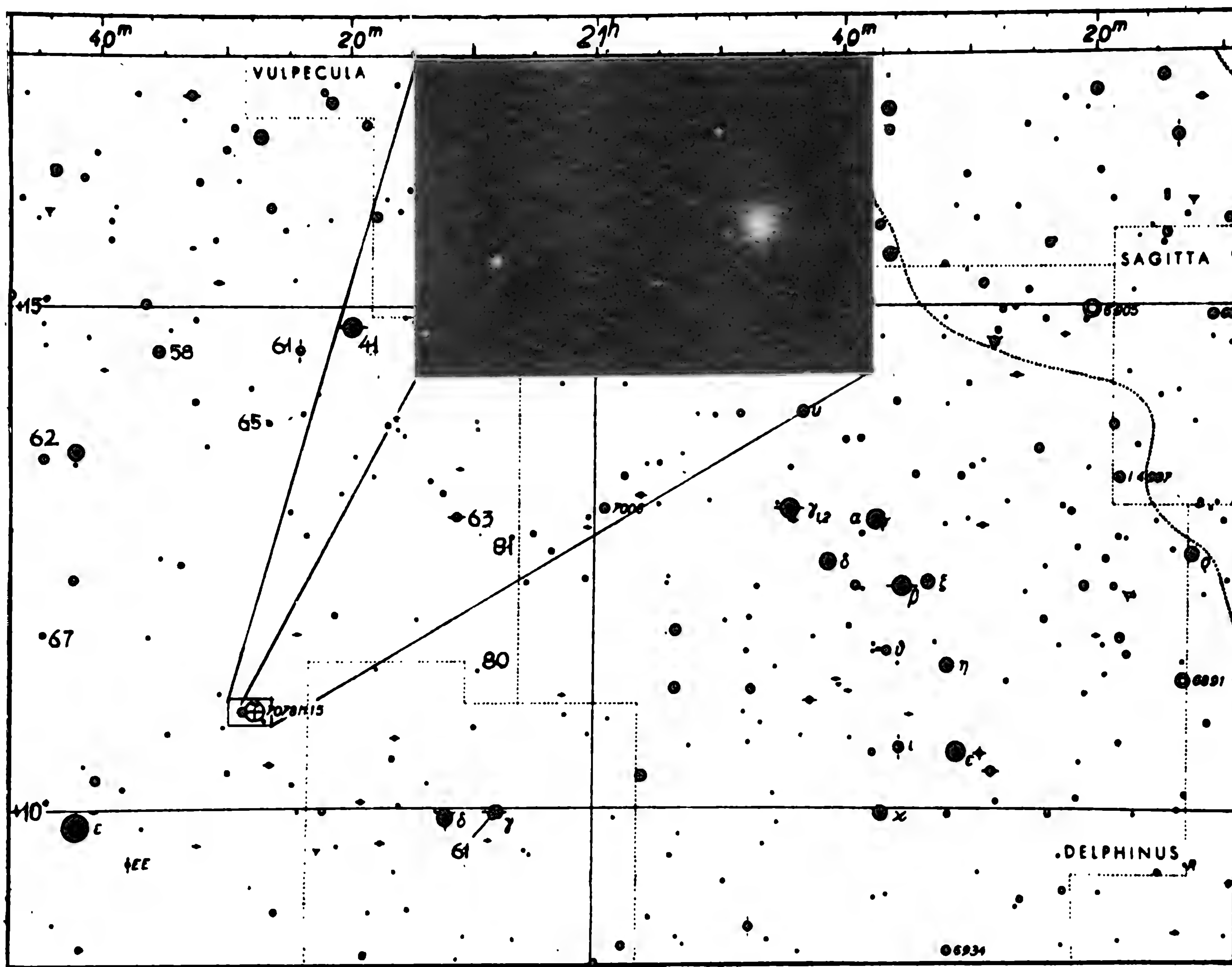
¹ При составлении «Каталога» Дрейер пользовался системой описания внешнего вида объектов, разработанной В. Гершелем. Например, яркость (т. е. в случае визуальных наблюдений «замечаемость») объекта описывается определенными словами, и шкала яркостей у Дрейера выглядит так: «Крайне слабый; очень слабый; весьма слабый; довольно слабый; довольно яркий; весьма яркий» и т. д. Такими же прилагательными описываются и видимые размеры. — Прим. ред.



Участок карты из «Atlas Coeli» А. Бечваржа (звезды до 7,75^m). Показана часть неба, расположенная осенней ночью вблизи зенита. На врезках даны фрагменты из более подробного атласа «Uranometria 2000.0»

Галактика NGC7331 в созвездии Пегаса. Слева от нее видны более слабые (сверху вниз) NGC7336, NGC7335 и NGC7337





Шаровое скопление М 15 и созвездие Дельфина («Atlas Coeli») А. Бечваржа. Указан блеск некоторых звезд (цифры рядом со звездой, десятичная точка опущена, т. е. 61=6,1^m). Читатель сумеет самостоятельно оценить блеск М 15. На врезке слева: снимок скопления М 15, полученный на 0,5-метровом менисковом (1:2,4) телескопе. Выдержка 8 мин (фото автора)

30-сантиметровый. Скопление имеет диаметр 7,5', а блеск его в различных источниках оценивается от 6,0^m до 6,6^m. Мои оценки дают значение 6,6^m. Вы можете сами попытаться определить блеск скопления, воспользовавшись нанесенными на карту значениями визуального блеска некоторых близлежащих звезд.

11,0^m). Любопытно, что В. Гершель, составляя свой собственный каталог туманностей, отнес ее к классу I (яркая туманность), а упоминавшуюся раньше NGC 7217 — к классу II (слабая туманность), т. е. считал, что видимая яркость NGC 7479 выше. Этот пример показывает, что интегральный блеск не всегда отражает истинные условия видимости объекта. Кснцы спиральных ветвей NGC 7479 украшают две слабые звезды.

Но все же самое известное из украшений Пегаса — шаровое скопление М 15, открытое в 1764 г. французом Ж.-Д. Маральди. Звезды на краях скопления видны в телескоп 10—15 см, но чтобы заметить их в центре нужен уже

Пару более скромных, но доступных для 10—12-сантиметрового телескопа шаровых скоплений можно отыскать неподалеку, в созвездии Дельфина. NGC 6934 имеет блеск 8,88^m и диаметр 1,5'. NGC 7006 заметно слабее: мне пришлось с «Мицаром» несколько раз обшарить эту область неба, прежде чем скопление возникло в поле зрения. Его блеск 10,4^m, а диаметр 1,1'. Поскольку оно довольно сильно сконденсировано (I класс), любительские телескопы не в состоянии разрешить его на составляющие звезды, зато показывают слабую «звездную пыль» на краях NGC 6934 (VIII класс).

Есть в Дельфине и две планетарные туманности, доступные любителям. NGC 6891 в небольшой телескоп довольно

сложно отличить от окружающих звезд, но если он дает увеличение $100\text{--}150\times$, вы заметите крохотный яркий овал $7'' \times 15''$, блеском 10^m или $10,5^m$. NGC 6905 больше ($44'' \times 37''$), хотя и несколько слабее. В хорошую ночь ее, видимо, можно заметить и в «Мицар».

Однако эти туманности не могут соперничать в эффективности со знаменитой NGC 7662. Созвездие Андромеды, где она находится, расположено сейчас почти в зените, и трудно представить себе лучшие условия для наблюдений. Туманность имеет блеск 9^m , небольшие угловые размеры ($32'' \times 28''$), и поэтому ее поверхностная яркость очень велика. При увеличении $100\text{--}200\times$ NGC 7662 представляется красивым диском отчетливо различного голубовато-зеленоватого цвета (чем оправдывает свое название «Голубой снежок»). Хотя каталоги и указывают, что блеск центральной звезды туманности $12,5\text{--}13^m$, даже в крупные инструменты рассмотреть ее не удастся — видимо, она все же слабее. (Кстати, Дрейер, описывая NGC 7662, отмечает «ядро переменной яркости». Не в этом ли причина невидимости центральной звезды?)

Поблизости расположена большая спиральная галактика NGC 7640, видимая «в профиль». Ее блеск — $10,9^m$, но он распределен по площади размером $9' \times 1'$, поэтому галактика трудна, и для ее поиска нужно темное небо и инструмент с большим полем зрения.

Эти объекты находятся у самой границы с созвездием Кассиопеи, чрезвычайно богатым различными небесными объектами, и прежде всего, рассеянными звездными скоплениями («Sky Atlas 2000.0» содержит 27, а «Uranometria» — уже 50!). Пожалуй, эффектнейшее из них — NGC 7789. В ясную ночь оно видно даже в бинокль — большое круглое облачко света между звездами ρ и σ Cas. Его видимый диаметр — около $15'$, поэтому значение блеска, приводимое обычно ($9,5\text{--}10^m$), не очень точно, ближе к действительности, по-моему, $6,7^m$. Скопление выглядит красиво и в маленькую подзорную трубу, и в большой телескоп (редкий случай!). Отдельные звезды становятся заметны при увеличении $30\text{--}40\times$, а в «Мицар» при $97\times$ их можно насчитать несколько десятков. 20-сантиметровый телескоп позволит различить их уже не меньше сотни, причем самые яркие из них образуют занятный симметричный силуэт. Интересно проследить, как меняется вид NGC 7789 в зависимости от условий — прозрачности неба,

засветки, высоты над горизонтом.

Скопления NGC 7790 и NGC 7788 умещаются в одном поле зрения телескопа. Последнее втрое меньше по размеру ($2'$), чем NGC 7790, и сильнее сконцентрировано. Блеск его, $7,5^m$, на одну звездную величину слабее, чем у соседа.

Большое ($12'$) и яркое (около 7^m) скопление M 52 хорошо видно даже в искатель «Мицара». На фоне сотни белых звезд (спектрального класса B6) выделяется красноватая звезда примерно 8^m . В 2° юго-западнее этого скопления можно без труда отыскать скопление NGC 7510, необычный вид которого сразу же выделяет его из «толпы соплеменников». Маленькая четкая геометрическая фигурка, напоминающая вытянутый параллелограмм или треугольник и состоящая из $8\text{--}10$ звезд $9\text{--}10^m$, очаровывает с первого взгляда. Скопление кажется погруженным в туманность — это свет остальных, более слабых звезд, не разрешаемых любительским инструментом (всего их насчитывается около 60). Блеск NGC 7510 $8\text{--}9^m$, а размер — $3'$.

20-сантиметровый телескоп позволил найти невзрачное скопление Mrk 50 (Markarian 50) — маленькую группку из всего лишь пяти-шести слабых звезд.

Поблизости находятся и две газовые туманности — NGC 7635 и NGC 7538. Обе они отмечены как «очень слабые» и в «SC», и в «NGC». Действительно, заметить их совсем непросто, хотя на фотопленке, особенно при использовании красного светофильтра, они прорабатываются довольно быстро. NGC 7635 имеет собственное имя — «Пузырь», и ее внешность вполне соответствует этому прозвищу: на фоне бесформенной и более слабой основной части туманности виден округлый силуэт, напоминающий тонкий и почти замкнутый серп. NGC 7635 содержит в себе одну, а NGC 7538 — две звезды 8^m . Для визуальных «охотников» ключом к успеху в их поиске будет ясная ночь.

Попытайтесь отыскать неподалеку на небольшой ($20\text{--}30''$) планетарную туманность NGC 7354. «NGC» описывает ее так: «Планетарная туманность, яркая, маленькая, круглая, довольно равномерное и очень небольшое повышение яркости к центру». Что вам удастся рассмотреть здесь?

А. Ю. ОСТАПЕНКО
129224 Москва, И-224, ул. Широкая,
д. 25/24, кв. 356

Любительское телескопостроение

Самодельный менисковый телескоп

Как известно, менисковые телескопы обладают некоторыми преимуществами перед обычными системами рефлекторов и рефракторов. Действительно, при относительно небольшой длине трубы эти инструменты практически свободны от сферической, хроматической аберраций, а также не имеют заметной комы и астигматизма. Единственная неустранимая аберрация в системе «мениск — вогнутое зеркало» — это кривизна поля. Ее можно устранить, установив дополнительную деталь — линзу Пиацци-Смита.

В технологическом отношении преимущество менисковых систем — отсутствие оптических поверхностей второго порядка. Все поверхности сферические, что существенно облегчает их изготовление и контроль качества при серийном производстве на оптико-механических заводах.

При изготовлении оптических деталей менискового телескопа основные трудности связаны с изготовлением именно мениска, а не главного зеркала. Действительно, для того чтобы изготовить мениск, необходимо с высокой точностью отшлифовать две поверхности заданных радиусов, обеспечить их соосность и точное расстояние между ними (толщину). Для главного зеркала нужно отшлифовать только одну сферическую поверхность определенного радиуса.

Поскольку поверхности мениска имеют значительную кривизну, в процессе его изготовления требуется провести моллирова-

ние заготовки¹ или сошлифовать значительное количество стекла. Немалая трудность для любителя — приобретение заготовки оптически однородного стекла требуемой марки и размеров.

Но все усилия любителей оправдываются, когда необходим телескоп большой светосилы 1:2,8—1:4. Светосильные инструменты незаменимы при наблюдениях протяженных объектов — комет, туманностей и т. д. Таким инструментом может быть менисковый «Ньютон».

В клубе телескопостроителей «Сириус» г. Невинномысска изготовлен менисковый телескоп с диаметром 260 мм ($V=2,83$). Предварительно оптику рассчитали по эмпирическим формулам Д. Д. Максудова, а затем уточнили на программируемом микрокалькуляторе МК-52, введя в расчеты тригонометрические вычисления.

Для изготовления мениска мы пользовались специальным шлифовальным станком. Контроль кривизны на этапе грубой шлифовки производился шаблонами. Тонкая шлифовка выполнялась цементно-бетонными шлифовальниками с покрытием из

¹ Для этого заготовка разогревается до пластичного состояния (660—700 °С) и под действием собственного веса принимает конфигурацию опорной формы.



Шлифовальный станок для предварительной обработки заготовки мениска и другой оптики

эпоксидной смолы. Радиусы кривизны на этой стадии контролировали самодельными сферометрами, имеющими цену деления 0,01 мм и ход измерительного штока — 10 мм. При известном навыке, точность измерения радиусов мениска составляет около $\pm 0,002$ мм.

Чтобы измерить толщину мениска, использовали отверстие, предназначенное для крепления вспомогательного зеркала. Необходимо было добиться определенного соотношения разности величин радиусов и толщины мениска при вершине, обеспечив при этом соосность с высокой точностью. Измерения толщины и проверка соосности проводились многократно обычным микрометром.

Полировку поверхностей мениска производили на полировальниках, изготовленных «холодным» способом (Земля и Вселенная, 1988, № 4, с. 77).

Смоляное покрытие толщиной около 0,5 мм наносилось кисточкой. Состав покрытия (битум БН-IV — 50 %, канифоль — 50 %, растворитель) оказался оптимальным для получения точной сферической поверхности.

Общий вид самодельного менискового телескопа

(Фото автора)



Мениск и вспомогательное зеркало с оправой и юстировочным устройством

Качество полировки контролировали с помощью микроскопа (80 $\times$). При этом применялся черный фон, позволяющий различать мельчайшие дефекты поверхности. Контроль вогнутой поверхности проводился на теневом приборе. Правда, такие ис-



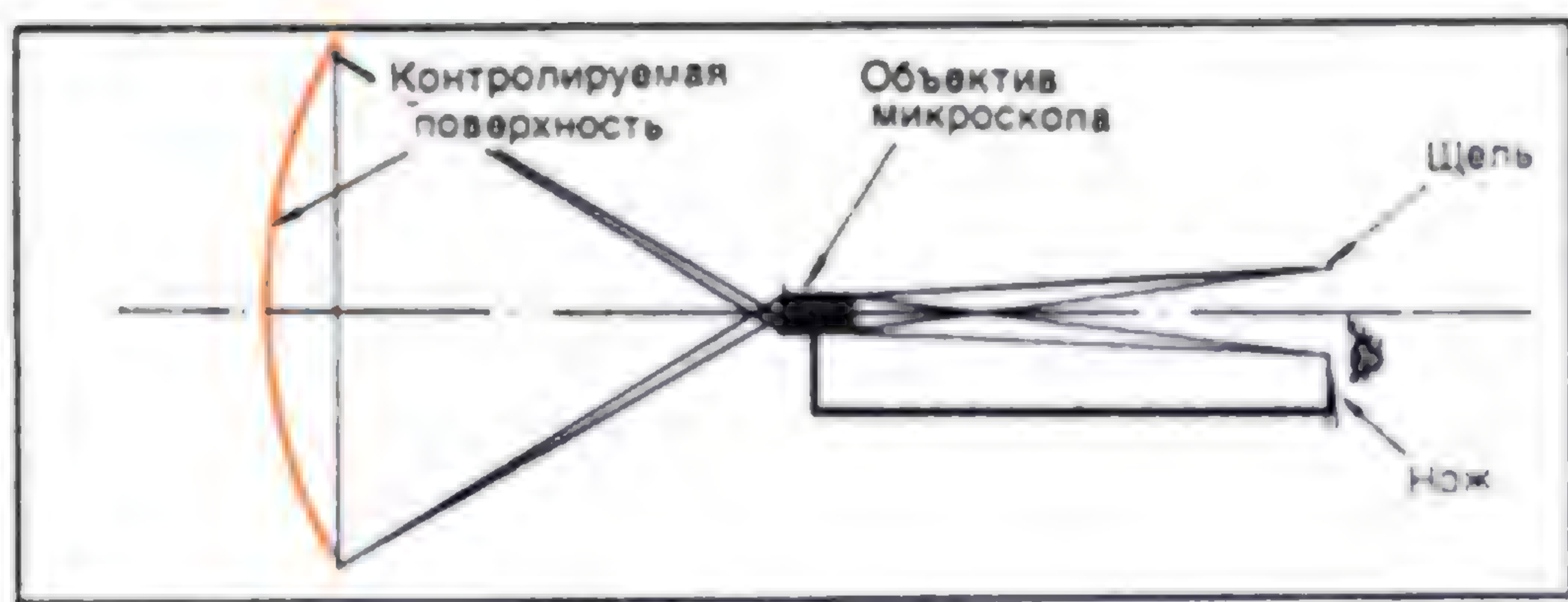


Схема контроля светосильных зеркал



Схема контроля выпуклой поверхности мениска и системы «мениск — главное зеркало»

следования вогнутых поверхностей большой кривизны недостаточно эффективны, так как с ростом светосилы чувствительность метода быстро снижается и оказывается сравнимой с чувствительностью механического сферометра. Иначе говоря, с обычным теневым прибором можно наблюдать плоский рельеф, характерный для сферического зеркала, но при этом можно не обнаружить недопустимых зональных ошибок. Для повышения чувствительности теневых исследований светосильных сферических поверхностей главного зеркала и вогнутой поверхности мениска применялась особая схема исследования. Теневой прибор снабжен дополнительной приставкой — объективом микроскопа с крепежной деталью, обеспечивающей его неизменное положение на нужном расстоянии от щели и ножа теневого прибора. Это расстояние, а также кратность (увеличение) объектива подбираются в зависимости от светосилы исследуемой поверхности.

Работая по этой схеме, удалось выявить и устранить ошибки поверхностей, которые не обнаруживались при обычном контроле. Одновременно с контролем выпуклой поверхности мениска провели и исследование всей оптической системы «мениск — главное зеркало» по автоколлимационной схеме.

Готовая поверхность во избежание повреждений была окрашена нитролаком, который легко снимается ацетоном. Оправа мениска — точеная из алюминиевого сплава. Чтобы избежать излишнего экранирования главного зеркала, нам потребовалось тщательно просчитать размер и положение диагонального зеркала. Поэтому в телеско-

пе предусмотрены фактически две оптические системы. Первая — классическая система Ньютона, позволяющая при светосиле 1:2,83 использовать инструмент как мощный кометоискатель (высококачественный широкоугольный окуляр обеспечивает равнозрачковое увеличение — $40\times$).

Во второй схеме применяется ахроматическая линза Барлоу, «вытягивающая» положение главного фокуса до плоскости фотопленки малоформатной фотокамеры. Светосила инструмента при этом снижается до 1:3,5. Потери света на экранирование оказываются оптимальными и составляют приблизительно 10 % (для углового поля $2\omega=3^\circ$).

Инструмент снабжен искателем ($D=50$ мм, $15\times$), координатными кругами, ручными и электромеханическими приводами.

При фотографических работах телескоп устанавливается на специальный модуль, превращающий азимутальную монтировку в экваториальную.

Испытания телескопа по звездам подтвердили высокое качество оптики. Активное участие в изготовлении деталей телескопа приняли члены клуба В. Исанко и Д. Джафарханов.

Н. П. ВАСИЛЕНКО,
руководитель клуба «Сириус»
357030, Ставропольский край, г. Невинномысск,
ул. Павлова д. 16, кв. 20

Готовится к печати

Научно-популярная книга В. Н. Комарова и Е. П. Левитана «Миссия Человека во Вселенной» посвящена проблемам взаимосвязи Вселенной и Человека, в частности рассмотрению необычной

гипотезы о том, что Вселенная — это мы сами!.. Основные главы книги — «Зачем мы живем?», «Существует ли Мировой разум?», «Был ли у Вселенной Творец?». Заказы с предварительной оплатой (22 руб.) и указанием

своих реквизитов просьба направлять по адресу: 119435 Москва, а/я 660 (тел. 248-51-70), Ассоциация «Профессиональное образование» (расчетный счет 170321 в Ленинском филиале Мосбизнесбанка, МФО 201188).

Легенды о звездном небе

Южная Рыба

Образ рыбы, поглощающей воду источника, очень древнего происхождения. В легенде о Всемирном потопе ей отведена роль спасительницы мира, уведшей ковчег с его обитателями в безопасное место, а затем выпившей излишек вод с земной тверди. В аккадских, угаритских сказаниях такой священной рыбой, которую древние «люди моря» — филистимляне и обитатели Месопотамии видели в созвездии Южной Рыбы, был Дагон (уменьшительное от угаритского, аккадского «даг» — «рыба»). Получеловек-полурыба, сын владыки неба Ваалшамема (буквально «хозяина небес»), Дагон как филистимлянский бог покровительствовал рыбной ловле и земледелию.

У других народов были иные представления о Даго-

не. В Ассирии его отождествляли с богиней русалок, великой матерью Деркетю, в Угарите его образ связывали с богом бурь и плодородия Балу, а в Северной Палестине — с богиней любви Астарты. В Вавилоне образ Астарты существовал даже в двух ипостасях: женской (богиня любви Иштар) и мужской (Астар). В Египте Астарту воспринималась как владычица коней и богиня-исцелительница. Наконец, сирийская богиня плодородия и благополучия Атаргатис,

изображавшаяся полуженщиной-полурыбой, отчасти объединила эти представления. Она была самым почитаемым божеством эллинского мира.

Шумеро-аккадская мифология в созвездии Южной Рыбы усматривала и Оаннеса — покровителя мудрости, жившего среди людей в дневное время, а по ночам уходившего в морские глубины. Оаннес — первочеловек, полурыба — учил вавилонян письму, наукам, строительству городов, земледелию,



Южная рыба из «Уранометрии»
Иоанна Байера, 1654 г.



а потому почитался особо. Созвездие Южной Рыбы ранее относили к Водолею и обычно изображали рыбой в перевернутом положении с раскрытой пастью, а которую льется вода из кувшина Во-

доля. Обширная часть неба южнее Водолея и Козерога в древности именовалась Небесным морем, и вполне закономерно, что здесь размещали созвездие Южной Рыбы.

Египтяне в небесной рыбе видели священную рыбу Оксирхинхус. Христиане считали, что в созвездии запечатлена именно та рыба с монетой во рту, которую поймал апостол Петр.

Арабы именовали созвездие Аль Хут аль Джанубия (Великая южная рыба). Существовал ряд его латинских названий: Oxyrinque (Оксирхинхус), Piscis Capricorni (Рыба Козерога), Piscis Magnus (Великая рыба), Piscis Solitarius (Рыба одинокая).

Единственная яркая звезда созвездия — Фомальгаут («рот рыбы»).

И. И. НЕЯЧЕНКО.

Информация

Звезда ушла к Дельфину

В середине 1992 г. на звездном небе произошло любопытное событие — звезда ρ Орла «перешла границу» и оказалась в созвездии Дельфина. Эта звезда имеет большое собственное движение — $8''$ в столетие, — поэтому она покинула свое «родное» созвездие. С тех пор, как астро-

номы в начале нашего века утвердили границы созвездий, столь яркая звезда (5^m) впервые поменяла созвездие. Границы закреплены относительно среднего положения всех звезд, причем астрономы старались проводить границы вдали от ярких звезд, так, чтобы добраться до них звезде было непросто. Но отдельные звезды, имеющие большое собственное движение, могут пересекать неведомые им рубежи.

Вычисления показывают, что за ближайшие 5 тыс. лет лишь десять

видимых невооруженным глазом звезд пересекут границы созвездий. Поэтому нынешнее событие — чрезвычайно редкое. Теперь ρ Орла должна быть переименована: ведь она уже принадлежит Дельфину. А когда пройдет несколько тысячелетий и многие яркие звезды изменят свое положение на небе, астрономам уже придется задуматься о переименовании самих созвездий, рисунок которых перестанет соответствовать их названию.

Sky and Telescope, 1992, 83, 1

К аномальным явлениям — научный подход!

А. Б. ПЕТУХОВ,
ученый секретарь Комиссии по аномальным явлениям
правления Всесоюзного совета
научно-технических обществ

В последнее время средства массовой информации захлестнула новая волна спекуляций вокруг давно известного феномена НЛО. В потоках сомнительных свидетельств почти исчез голос серьезных исследователей. Тем более актуальной кажется публикуемая статья, посвященная анализу статистики наблюдений этих явлений.

ФЕНОМЕН НЛО: ОТКРЫТИЕ И ПЕРВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

24 июня 1947 г. американский бизнесмен Кеннет Арнольд, пролетая в своем самолете над Скалистыми горами в США, увидел на высоте 3000 м девять серебристых дисков. Выстроившись в цепочку, они стремительно обогнали самолет Арнольда. По его мнению, их скорость была не менее 2 600 км/ч. В то время земные летательные аппараты таких скоростей еще не достигали...

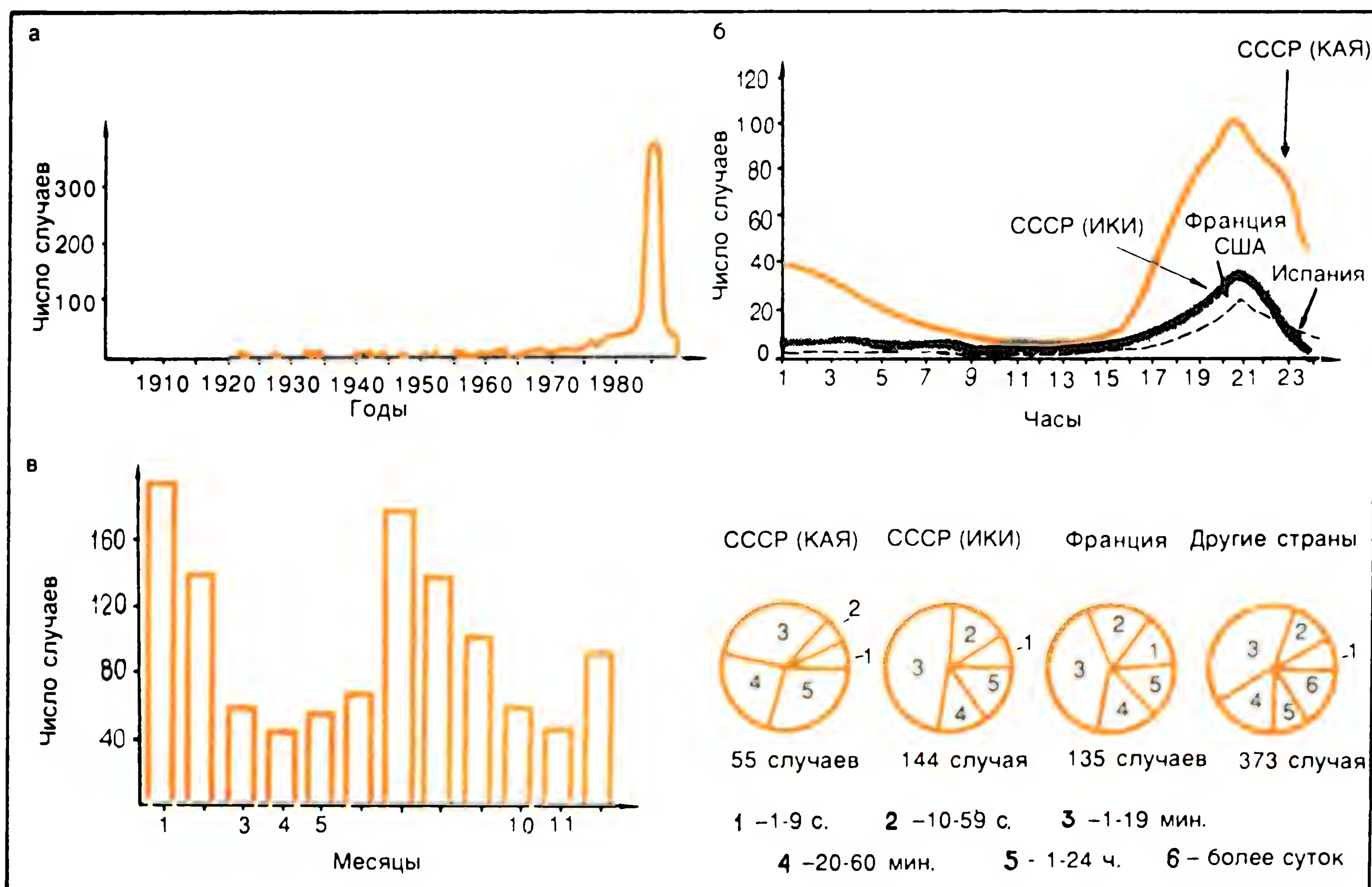
Долгое время этот случай считался первым официальным наблюдением неопознанных летающих объектов (НЛО). Однако исследования, предпринятые во многих странах, показали, что какие-то странные объекты в небе и другие аномальные явления (АЯ) наблюдались чуть ли не со времен фараонов.

Через несколько недель после опубликования сообщения К. Арнольда редакции газет, полицейские участки, государственные учреждения США оказались зава-

лены горами писем от очевидцев НЛО. Авторами многих из них были серьезные ученые, опытные наблюдатели, профессиональные летчики, которых трудно заподозрить в обмане.

Этот огромный поток информации вынудил ВВС США организовать изучение феномена «летающих блюдец» (как назвал их К. Арнольд) в рамках засекреченной программы «Синяя книга», просуществовавшей более четверти века. Тогда американских военных больше всего занимала проблема: не представляют ли НЛО угрозу для безопасности Соединенных Штатов и не есть ли это новые самолеты-шпионы русских? А вопрос о научном исследовании этих явлений, в том числе с точки зрения причастности НЛО к внеземным цивилизациям (ВЦ), стоял уже на последнем месте. Спустя некоторое время американские генералы вынуждены были признать, что от появления НЛО безопасность США нисколько не пострадала, не подтвердилась и гипотеза о шпионаже.

Постепенно в США и в ряде других стран стали возникать общественные инициативные группы и организации, занявшиеся сбором информации об НЛО и самостоятельными исследованиями феномена. К 1981 г. только в США таких организаций насчитывалось 25. Сегодня более 50 крупных исследовательских общественных групп работают во Франции, Дании, Финляндии, Германии, Бельгии, Англии, Италии, Норвегии, Испании, Канаде, Австра-



Распределение наблюдения НЛО по годам с 1900 по 1988 гг. (а), по времени суток (б), по месяцам (в) и статистика длительности их наблюдения (г)

лии, Польше.

Работа таких групп действительно была полезна: выяснилось, что военными из «Синей книги» было рассмотрено лишь 27 % из 1529 случаев, а дополнительный анализ архивов проекта в 70-х гг. показал, что на самом деле из 4400 сообщений о наблюдении НЛО всесторонне проанализированными оказалось только 4 %...

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГАДКИ НЛО В НАШЕЙ СТРАНЕ

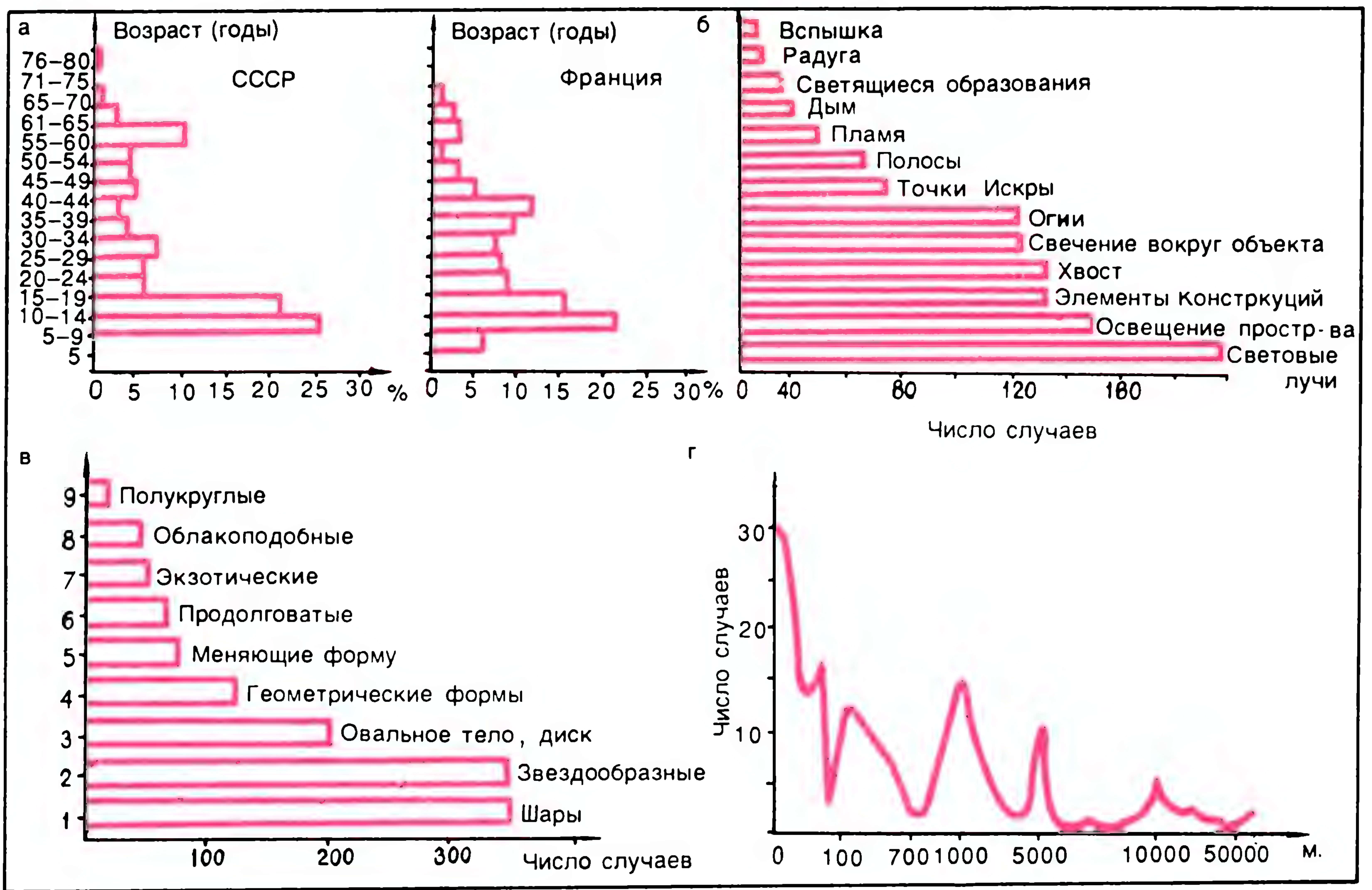
Изучение этого загадочного явления в нашей стране можно разделить на три основных этапа. Начало первого из них относится к 1956 г., когда в нашей стране возник серьезный общественный интерес к этой проблеме. В начале 60-х гг. внимание к НЛО еще более возросло, как и число людей, занимающихся их изучением, а 18 октября 1967 г. в Москве состоялось организационное совещание первой общественной официально зарегистрированной организации — Отделе-

ния по изучению НЛО при Всесоюзном совете космонавтики ДОСААФ, на котором присутствовало 350 человек. Однако из-за противодействия со стороны некоторых видных ученых в конце октября 1967 г. Отделение было распущено, а изучение феномена в нашей стране затормозилось более чем на десятилетия.

Между тем, проблема НЛО заявляла о себе все настойчивее. Особую роль сыграли массовые наблюдения неидентифицированного аномального явления над Петрозаводском во время запуска искусственного спутника Земли «Космос-955» ранним утром 20 сентября 1977 г.

Одно за другим стали создаваться общественно-научные формирования: при Географическом обществе СССР, при Научно-техническом обществе радиотехники, электроники и электросвязи им. А. С. Попова, при ВАГО и т. д. Начиная с 1981 г. проводятся совещания и семинары по проблеме НЛО, возрос обмен информацией между инициативными группами, которых сейчас на территории бывшего СССР насчитывается около двухсот. Наиболее крупные из них находятся в Москве, Киеве, Харькове, Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Томске.

Как характер самой проблемы, так и практика ее изучения требовали более совершенных взаимодействий и координа-



ции всей проводимой в стране научно-исследовательской работы, и 28 февраля 1984 г. была образована Комиссия по аномальным явлениям (КАЯ) при ВСНТО (Всесоюзном совете научно-технических обществ) под председательством члена-корреспондента АН СССР В. С. Троицкого. Это позволило привлечь общественность, ученых и специалистов к изучению явлений и эффектов, связанных с НЛО и АЯ, создать банк сообщений об их наблюдениях, насчитывающий более 13 тыс. свидетельств очевидцев.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕНОМЕНА НЛО

Говоря о конкретных исследованиях явления, можно упомянуть о результатах его изучения методами математической статистики, проведенном КАЯ на основе 4227 сообщений 1984—88 гг. Это исследование включало изучение пространственно-временных, динамических, цветовых характеристик и форм наблюдавшихся образований, зафиксированных в Московской области и ряде прилежащих территорий. Эта работа позволила выделить некоторые закономерности, по-видимому, присущие феномену в целом.

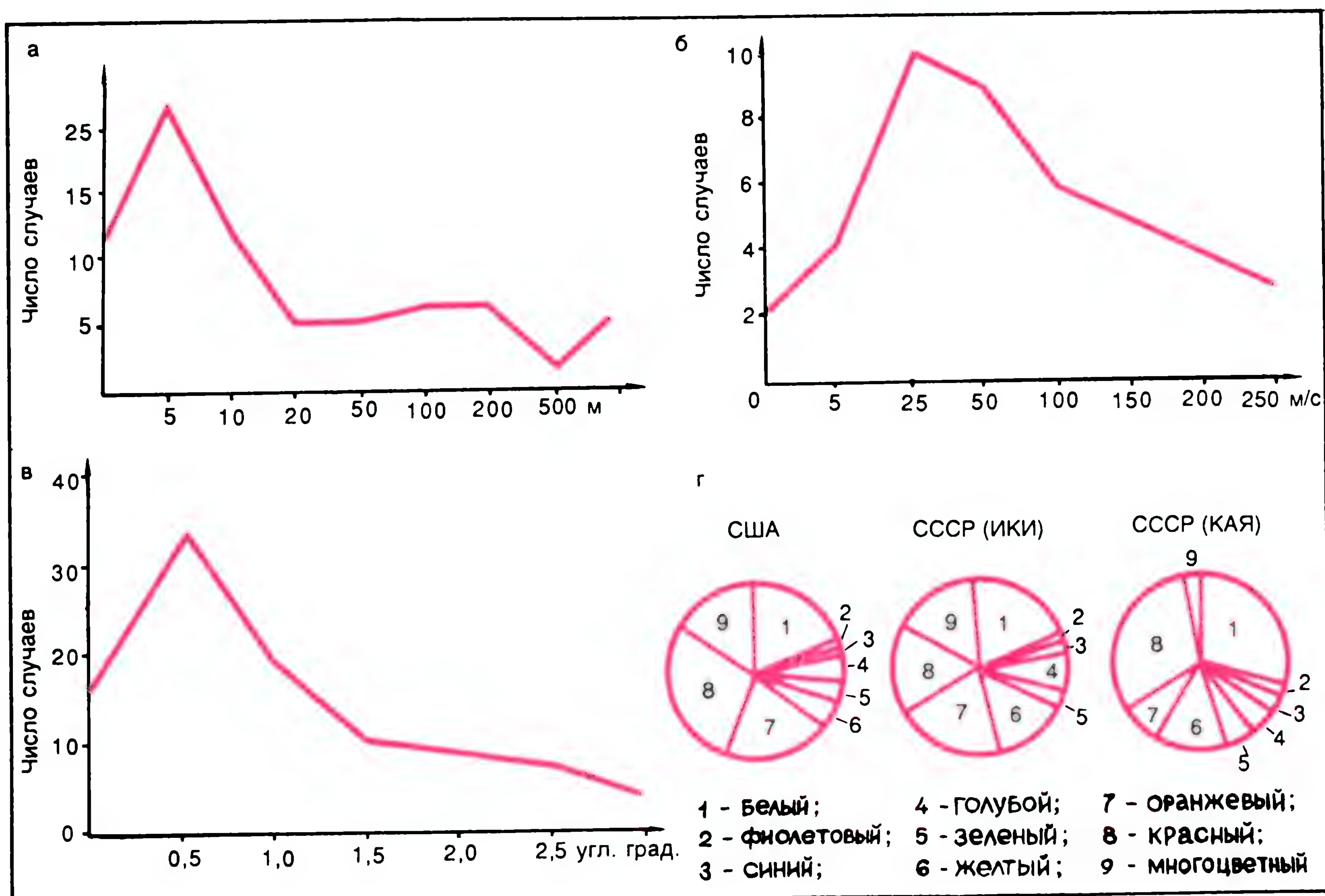
Было установлено, что рост количества наблюдений НЛО (под НЛО здесь подразумевается весь комплекс аномальных

Распределение очевидцев НЛО по возрасту (а). Статистика наблюдений внешних деталей НЛО (б), их внешних форм (в), распределение наблюдаемых объектов по высоте (г)

явлений, в том числе и тех, которые порой нельзя отнести к физическим объектам, например, вспышки света и т. п.) за 1900—1988 гг. может быть тесно связано как с активностью самого феномена, так и с более активным освещением этой проблемы в периодической печати.

Распределение наблюдений по месяцам тоже имеет не совсем понятные особенности. Одна из них — резкий рост количества зимних сообщений (декабрь — февраль) с максимумом в январе. Другая особенность — второй, летний максимум, приходящийся на июль. Это, может быть, в какой-то мере связано с благоприятными условиями для наблюдений в период отпусков у значительной части населения. Но тогда трудно объяснить спад количества наблюдений в других «отпускных» месяцах.

Следует отметить, что большинство наблюдений НЛО (60 %) происходит в вечернее время (18—23 ч) с максимумом, приходящимся на 21 ч местного декретного времени. Минимум сообщений приходится на утреннее и дневное время — с 9 до 16 ч. Существует предположе-



Линейные размеры (а), линейная скорость движения (б) и угловые размеры НЛО (в), распределение цветов наблюдавшихся НЛО (г)

ние, что это — следствие наложения двух эффектов: истинного распределения НЛО—АЯ во времени и отражения суточной занятости населения.

Замечено, что средняя длительность наблюдения НЛО чаще всего находится в условных интервалах 1—19 мин, 20—60 мин и 1—3 ч. Сравнение этих данных с результатами других независимых исследований выявило совпадение практически по всем указанным выше временным характеристикам.

Изучение территориального распределения НЛО в Московском регионе показало четкую связь между количеством наблюдений и плотностью населения в нем. Другими словами, этот вывод можно сформулировать так: чем больше наблюдателей приходится на единицу площади, тем больше вероятность обнаружения аномальных явлений.

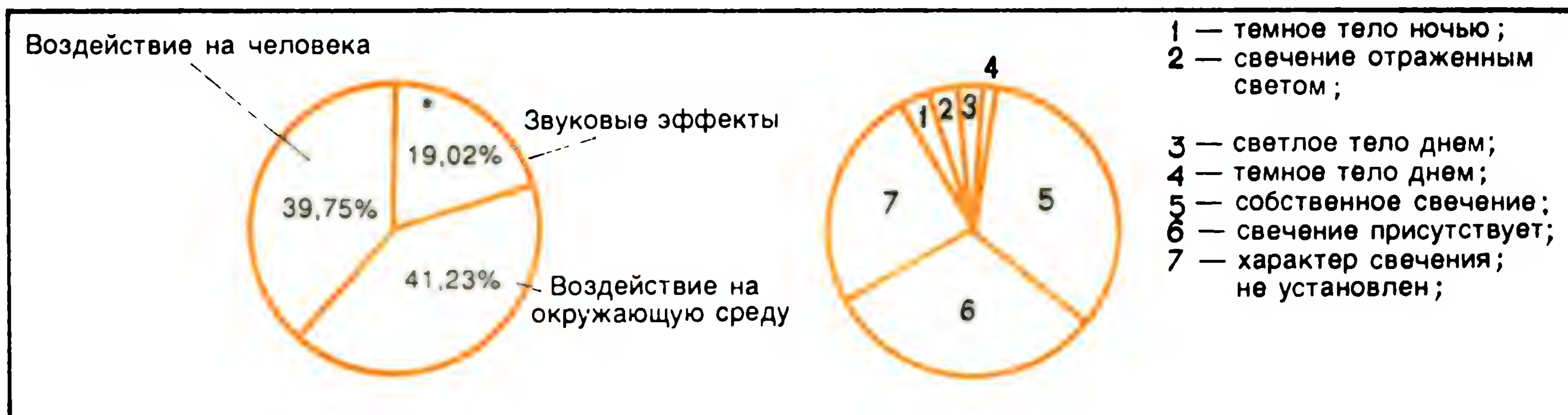
ФОРМЫ И ПОВЕДЕНИЕ НЛО

В результате анализа были выделены описания 1448 форм наблюдаемых объектов. По численности «лидируют» шаровид-

ные и звездообразные объекты, а далее, по убывающей последовательности, следуют овальные, дискообразные и геометрической формы НЛО.

Зарубежные специалисты насчитали около трехсот типов НЛО с размерами от 3 до 1500 м. Интересны дисковидные, шаровидные и продолговатые (цилиндрические, сигарообразные) объекты. Надо отметить, что некоторые внешние детали, динамические характеристики и особенности «поведения» таких объектов все же дают некоторые основания для частых предположений о том, что наблюдаемые объекты — это те самые пресловутые «корабли пришельцев». Однако многообразие форм может объясняться и особенностями восприятия НЛО самими наблюдателями. Сильное влияние на видимую форму оказывает ракурс (угол), под которым наблюдается феномен, и свойства человеческого зрения: на большом расстоянии довольно сложно отличить плоский светящийся диск от такого же по размерам шара.

Весьма интересны разнообразные световые явления, иногда сопровождающие НЛО: стационарные и движущиеся лучи, направленные потоки света. По яркости наблюдатели обычно сравнивают их с сильным прожектором. В 132 случаях отме-



чено освещение лучами поверхности земли, промышленных, военных объектов, транспортных средств, людей. Сообщалось о нарушениях работы, изменении физических параметров технических устройств и физиологических характеристик самих наблюдателей, попавших под световое воздействие.

Особо выделяются наблюдателями «лучи твердого света», которые, по их словам, могут изгибаться, имеют конечную длину (в отличие от электромагнитных световых лучей) и физически воздействуют на предметы и биологические объекты, включая человека.

Наблюдателями отмечены 114 «конструктивных» элементов на поверхности НЛО («купола», «стержни», «прутья», «отверстия», «иллюминаторы»).

Очень часто в свидетельствах фигурирует режим «зависания» объектов в пространстве (в трети сообщений из 1636 случаев). Обычно зависание сопровождается световыми явлениями и маневрированием объектов (под маневрированием понимается перемещение НЛО по отношению к какой-либо точке на поверхности на относительно короткие разнонаправленные расстояния, сопровождающиеся изменением скорости и траектории). Как правило, НЛО маневрируют и зависают над наземными объектами: отдельными домами и их группами, поселками, промышленными предприятиями, вокзалами, войсковыми частями, транспортными средствами. Иногда наблюдалось и взаимное маневрирование нескольких объектов, сопровождаемое и «преследование» наблюдателя.

Анализ распределения НЛО по высотам позволил выделить определенные высотные «эшелоны», на которых, судя по оценкам наблюдателей, эти явления встречаются наиболее часто. Вот эти интервалы (в метрах): 0—09; 1—10; 40—60; 80—100; 1000—1500; 4500—5000; 9500—10000.

Иногда НЛО оказывают влияние на окружающую природную среду. Различаются

Некоторые эффекты, сопровождающие появление НЛО (а) и статистика случаев наблюдения их свечения (б)

различные виды воздействия НЛО на человека: психологическое (возбуждение, угнетение нервной системы, ощущение страха, ужаса); физическое (оцепенение, болевые, тепловые, динамические ощущения); прочие (освещение лучами, информационный «обмен» с НЛО); гипнотическое (воздействие на сознание наблюдателя и т. д.).

Интересна и загадочна динамика феномена. Многочисленные визуальные и приборные наблюдения позволили установить, что НЛО достаточно подвижны и в ряде случаев превосходят по маневренности, ускорениям и высоте полета любые современные летательные аппараты. Оценочные расчеты показали, что ускоряясь и маневрируя, эти объекты должны подвергаться нагрузкам, достигающим 1000 g. Любой земной летательный аппарат при таких условиях неминуемо разрушится, с НЛО же этого не происходит. Для сравнения отметим, что при резком маневрировании современного боевого самолета, перегрузки, испытываемые пилотом, достигают «лишь 10 g». Кстати, статистическое исследование показало, что существует отчетливый максимум скоростей НЛО в интервале 25—50 м/с, а зафиксированный инструментально рекорд скорости неидентифицированного объекта в атмосфере — 20 км/с! Дает ли эта информация ученым ключ к пониманию физической сущности этих небесных феноменов? И да, и нет, так как наблюдательные данные трудно, а подчас невозможно объяснить известными нам физическими явлениями и процессами.

НЕМНОГО О ГИПОТЕЗАХ

Для объяснения физической природы и происхождения НЛО в разное время было предложено несколько десятков гипотез. Несмотря на многообразие версий, их



Неидентифицированный объект чечевицеобразной формы, зависший на высоте 200 м над островом Итуруп (Курильский архипелаг), 1986 г.

Два из множества снимков, сделанных швейцарским фермером Э. Меером. По словам наблюдателя, объект появился близ г. Хассенбола 29 марта 1976 г. Хотя детальная экспертиза снимков еще не проводилась, исследователи все же сомневаются в подлинности этих фотографий



можно условно разделить на две неравные по значимости группы: **научные** и **ненаучные** (к последним относятся религиозные и мистические концепции, утверждающие, что НЛО — это посланцы Бога, Дьявола и т. д.).

Весь спектр научных гипотез также можно классифицировать на два основных направления — «естественные» и «искусственные». Первое предполагает, что НЛО—АЯ представляют собой естественные, хотя пока и не нашедшие однозначного объяснения процессы, протекающие в окружающей среде, название второго говорит само за себя.

Некоторые исследователи склонны считать НЛО—АЯ **сгустками плазмы**. Казалось бы, эта гипотеза открывает новый подход к пониманию энергетических возможностей феномена. Но анализ данных наблюдений показывает, что далеко не все НЛО имеют облик, соответствующий «плазменной» гипотезе.

Версия, выдвинутая в Институте океанологии РАН Г. И. Баренблатом и А. С. Мониним, утверждает, что «тарелкообразные образования» — это своего рода завихрения вытянутой формы, возникающие в стратифицированной жидкой или газовой среде



при определенных условиях. Эксперименты, проведенные, правда, только в жидкой среде и только в лабораторных условиях, как будто подтвердили правомочность этой гипотезы. Но и она не может объяснить всего разнообразия проявлений НЛО—АЯ. Объекты Г. И. Баренблата и А. С. Монины, не являясь устойчивыми образованиями, не способны к резким перемещениям в пространстве и много часовым зависаниям на одном месте. Кроме того, соотношение осей этих эллипсоидных образований, полученных в жидкости, составляло 50:1, что в практике наблюдений пока не встречалось.

Часто наблюдаются светящиеся, различного цвета объекты (порой с отчетливо видимыми «хвостами»), которые неожиданно возникают в воздухе, маневрируют со сменой скоростей, ускорений, высот или наоборот, медленно и бесшумно плывут в небе, причем иногда действительно напоминают по форме классические «летающие тарелки». Тем не менее, такие образования могут иметь совершенно естественное происхождение. Именно так, по мнению доктора химических наук М. Т. Дмитриева, должны проявлять себя в атмосфере различные промышленные выбросы: озон, окислы азота, органические вещества и т. п., а их свечение объясняется испусканием света при химических реакциях, **хемилюминесценцией**. Но и эта гипотеза не в состоянии объяснить всего многообразия данных наблюдений НЛО.

Не хотелось бы, чтобы у читателей сложилось впечатление о желании автора опровергнуть исследования этих крупных ученых,—отнюдь! Примеры приведены здесь лишь затем, чтобы показать, как в рассматриваемой проблеме результаты теоретических и лабораторных исследований часто вступают в явное противоречие с сообщениями очевидцев. Но, конечно, научные разработки, лежащие в основе этих гипотез, чрезвычайно важны для исследователей НЛО, поскольку помогают проводить грамотную идентификацию наблюдаемых явлений.

Невольно напрашивается вопрос: а все ли наблюдаемые удивительные эффекты аномальны? К великому сожалению любителей сенсаций, анализ сообщений очевидцев показывает, что не менее 70—75 % «аномальных явлений» в действительности оказывается различными техногенными (запуски ИСЗ, технические эксперименты в атмосфере) и природными (свечение неба, рефракции световых лучей, редкие формы облаков, яркие планеты) явлениями.

Около 15 % сообщений вообще трудно отождествить с чем-либо из-за краткости описания, отсутствия подробностей и деталей наблюдения. Оставшиеся 5—10 % сообщений, отождествить которые пока не удалось, видимо, и есть то, что мы можем назвать истинными НЛО.

Оппоненты тех, кто пытается объяснить феномен с естественно-научных позиций, считают, что наблюдаемые НЛО есть проявления деятельности некой ВЦ, исследующей нашу планету и скрыто наблюдающей за жизнью на Земле.

Стоит ли делать выводы?

Тем не менее, по-видимому, не стоит сразу и категорично отметать предположение об искусственном происхождении НЛО. Дело в том, что на основании большого количества свидетельств поведение НЛО в ряде случаев можно смело трактовать как «носящее черты разумности» или «системное», т. е. подчиняющееся очевидной, хотя не всегда понятной логике. Другими словами, с точки зрения человека, эти феномены ведут себя как управляемые кем-то или подчиненные некой программе летательные аппараты, порой демонстрируя свойства и способности, недостижимые пока для земных технологий. «Разумность и превосходство над земными технологиями» — вот основа гипотезы об НЛО-пришельцах, активно поддерживаемая большинством энтузиастов! Вместе с тем однозначная трактовка подобного поведения как безоговорочного признания искусственности у всего множества НЛО—АЯ, по-видимому, будет ошибочной из-за скудости наших знаний о них. Надо помнить, что существует масса возможностей объяснить поведение части НЛО и с естественных позиций.

В связи с гипотезой об искусственности НЛО хотелось бы особо подчеркнуть, что, несмотря на имеющиеся косвенные свидетельства «разумного поведения» ряда феноменов, в настоящее время в руках исследователей пока еще нет однозначных научных доказательств их «искусственности». Как известно, отсутствие доказательств не есть доказательство их отсутствия.

Возможно, разгадка тайны феномена НЛО лежит пока за границами наших представлений об окружающем мире, т. е. решение многочисленных вопросов, связанных с НЛО, представляет сложный и длительный процесс, требующий заинтересованного участия и сотрудничества ученых, специалистов в различных областях знания и, конечно же, наблюдателей.

Озоновый щит Земли

Одной из важнейших экологических проблем современности — проблеме атмосферного озона, защищающего Землю от жесткого солнечного ультрафиолета, посвятили свою научно-популярную книгу известные специалисты по физике атмосферы А. Д. Данилов и И. Л. Кароль («Атмосферный озон — сенсации и реальность», Л., Гидрометеиздат, 1991). Книга содержит серьезный в научном отношении и в то же время доступный для широкого круга обзор сегодняшнего состояния проблемы озона. Познакомив читателя со строением и составом земной атмосферы, авторы рассказывают о месте в ней озона, его образовании и распределении в атмосферных слоях, о методах измерения его количества. Нельзя не отметить мастерство, с которым изложены довольно трудные для понимания вопросы химии атмосферы.

Как отмечают авторы, их книга вряд ли бы появилась, если бы этому газу, защитнику всего живого на Земле, не грозила реальная опасность. Нередко в последние десятилетия в прессе поднимали шум по поводу озона, рождались сенсации, назывались даже сроки катастрофы. Но каждый раз более строгие расчеты и точные измерения смягчали напряжение.



Авторы подробно знакомят с историей двадцатилетней давности, когда во многих странах забили тревогу: озоновый слой под угрозой! Связывали это с активным развитием сверхзвуковой стратосферной авиации. Дело в том, что при полете реактивного самолета в стратосферу выбрасываются отработанные газы, которые содержат много окислов азота, разрушающих озоновый слой (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 32.— Ред.). Опасения, правда, не оправдались — многочисленные эксперименты, выполненные тогда по специальной программе, и модельные расчеты показали: стратосферная авиация озону не угрожает.

И все же эти эксперименты и расчеты не были напрасными, они послужили толчком к развитию химии атмосферы, а значит, и к интенсивному изучению озоновой проблемы.

Много лет обсуждался вопрос, представляют ли опасность для озона ядерные испытания в атмосфере. Но к единому мнению ученые здесь так и не пришли. «Однако, каков бы ни был правильный ответ, памятуя, что речь идет о ядерном оружии, будем надеяться, мы никогда больше не получим возможности проверить в этом вопросе теорию экспериментом», — резонно замечают авторы книги.

Настоящий вред озоновому слою Земли наносят фреоны — хлорфторуглеродсодержащие соединения, ставшие в последнее время незаменимыми во многих отраслях хозяйства — холодильной технике, при производстве аэрозолей и т. д. Сами по себе не опасные для здоровья и среды обитания на Земле фреоны (а особенно долгоживущие их разновидности), попадая в стратосферу, становятся злостными разрушителями озона. Поэтому некоторые промышленно развитые страны (например, Япония) полностью отказались от использования долгоживущих фреонов и перешли на коротко-

живущие, истребляющие меньше озона (время их жизни значительно короче года).

Действительно, уменьшается ли содержание озона в стратосфере? Авторы книги проанализировали многочисленные наблюдательные данные — наземные и спутниковые — за последние десятилетия. Итог таков: тренды общего количества озона, связанные с эффектами загрязнения атмосферы и носящие глобальный характер, весьма различны для разных сезонов и разных географических областей. Но все же ясно, что содержание озона в атмосфере уменьшается. По наземным данным наиболее заметно оно уменьшается в зимние месяцы в широтной полосе $53\text{—}62^\circ$ с. ш. северного полушария Земли. Измерения со спутников в целом подтверждают тенденцию снижения общего содержания озона и зависимость его от сезона и широты.

В настоящее время зарегистрировано уменьшение общего содержания озона в среднем на $0,2\text{—}0,3\%$ в год. Это согласуется с теоретическими моделями изменения озонового слоя. Но они же предсказывают существенное (больше 10%) истощение озонового слоя уже через $30\text{—}50$ лет, способное вызвать весьма неприятные

для человека и всей биосферы последствия (увеличение числа заболеваний кожи и сетчатки глаз, непредсказуемые генетические изменения в живых организмах).

Заметное истощение озонового слоя идет и сейчас. Напомним об «озоновой дыре» над Антарктидой, о которой мир узнал в 1985 г. (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 10.— Ред.). Авторы книги подробно рассказывают, как было обнаружено это уникальное явление в атмосфере над ледяным материком. В книге дано описание «озоновой дыры», обсуждаются причины ее образования, обусловленные особыми условиями атмосферной циркуляции над Антарктидой, говорится о том, возможно ли подобное явление в арктических областях Земли.

Над человечеством, подчеркивают авторы книги, нависла реальная угроза, связанная с разрушением озонового слоя из-за нарастающего загрязнения земной атмосферы. Факт такого загрязнения установлен и сомнений не вызывает, а потому угрожающие изменения общего содержания озона — это сигнал, что человек активно вмешался в атмосферные процессы. За последствиями этого вмешательства

надо внимательно следить, изучать механизм и искать способы устранять их вредное влияние. Ясно, что в эту работу должны включаться не только геофизики и химики, но и работники промышленности и общественно-политические деятели. В книге есть материалы о таких важных международных мероприятиях, как Венская конвенция об охране озонового слоя, подписанная представителями 44 стран в 1985 г., и Монреальский протокол об ограничении производства фреонов (1987 г.).

Книга, безусловно, будет полезна всем, кто интересуется вопросами возможного разрушения «озонового щита планеты». Прочитав ее, они получают правильное, научно обоснованное представление об этой проблеме, часто искажаемой в прессе в погоне за сенсационностью. Остается только добавить, что книга иллюстрирована остроумными рисунками художника Л. В. Корнеевой, облегчающими восприятие научного, иногда очень сложного материала.

А. Х. ХРГИАН,
доктор физико-математических наук
С. П. ПЕРОВ,
доктор физико-математических наук

Фотографируют любители астрономии



Новая Лебеда 1992 г.

Снимок Новой Лебеда 1992 г. (указана стрелкой) сделан любителем астрономии из г. Красноводска (Туркмения) В. Мамедовым. Звезда, вспыхнувшая 20 февраля 1992 г. (её координаты $\alpha_{1950,0}=20^h29^m07^s$, $\delta_{1950,0}=52^\circ27'44''$) в момент съемки имела визуальный блеск около 9.3.

При фотографировании были использованы объектив «Гелиос-53» ($1:2,5$, $F=200$ мм), пленка «А-600Н» и фильтр «Ж-1,4». Выдержка 22 мин.

Ответы на вопросы читателей

В редакцию журнала пришло письмо из г. Донецка от нашего читателя Б. Н. Ванеева. Вот, в частности, что он пишет: «...Согласно легенде, рождение Иисуса сопровождалось появлением на небе яркой звезды, которая была путеводной для восточных волхвов, шедших из Вавилона поклониться новорожденному богу, т. е. сияла в небе на протяжении нескольких недель. Скажите, пожалуйста, отмечено ли в звездных каталогах появление какой-нибудь кометы или сверхновой звезды, хорошо видимой невооруженным глазом, или другого подобного звездного объекта в период с 5 года до н. э. по 1—2 год н. э.? Такой большой отрезок времени надо проверить потому, что в Новом Завете не указана дата этого события, а некоторые сопутствующие косвенные данные позволяют предположить, что Иисус родился еще при царе Ироде, т. е. 4 года до н. э.

В день казни Иисуса произошло полное солнечное затмение в Палестине продолжительностью около трех часов. Скажите, пожалуйста, отмечено ли подобное затмение в данном районе в дневные часы в 30-е годы I века н. э.?»

На вопросы Б. Н. Ванеева отвечает кандидат физико-математических наук В. А. Бронштэн.

Вифлеемской звезде посвящена обширная литература, но природа ее так окончательно и не выяснена. Основные две точки зрения: это была вспышка Новой

звезды или яркая комета. Первую точку зрения поддерживают английские астрономы Д. Кларк, Дж. Паркинсон и Ф. Стефенсон, которые в 1977 г., используя старинные китайские и корейские хроники, установили, что в 5 г. до н. э. была вспышка яркой Новой в созвездии Козерога, недалеко от звезды β Козерога (Дабих). Она была видна в течение 70 суток до восхода Солнца низко на востоке. (Эта точка зрения изложена в заметке А. А. Гурштейна в журнале «Природа» № 12 за 1978 г. с. 121.) Не следует удивляться, что указан 5 г. до н. э., а не 1-й. Есть и другие исторические данные о том, что Иисус Христос родился лет на 5 раньше, чем сосчитал в 525 г. монах Дионисий Малый. Ведь в Евангелиях ясно сказано, что Иисус родился во время правления царя Ирода. А тот умер в 4 г. до н. э.

Вторая точка зрения (о комете) была недавно обоснована английским ученым Колином Хамфрисом. Ссылаясь опять же на китайские хроники, он указывает, что в 5 г. до н. э. появилась яркая комета в Козероге. Совпадение года и созвездия (а совпадает и время года — весна) показывает, что и Хамфрис, и его английские коллеги имели в виду одно и то же светило, но интерпретировали его по-разному. В этом еще предстоит разобраться.

Гипотезы о комете придерживается и советский исследователь А. И. Резников, но он отождествляет Вифлеемскую звезду с кометой Галлея, появившейся в 12 г. до н. э. Его работа опубликована в сборнике «Историко-астрономические исследования», вып. 18, с. 65—78 (М.: Наука, 1986). Возможно, что А. И. Резникову не были известны новейшие изыскания, выполненные китайским астрономом и историком Хо Пенйоком, в кото-

рых говорится об этом объекте, и что он наблюдался в 5 г. до н. э. (в более ранних исследованиях: Вильямса, Био, Пингре — его нет). Учитывая работу Хамфриса, следует предпочесть его датировку датировке Резникова (все же на 7 лет ближе к библейской дате). О возможных астрономических интерпретациях Вифлеемской звезды популярно рассказано в статье Е. П. Левитана и Н. В. Мамуны, опубликованной в журнале «Наука и жизнь» (1989, № 11).

Теперь о затмении, сопровождавшем распятие Христа. Это не было и не могло быть солнечное затмение, так как дата распятия (14 Нисан или 3 апреля 33 г.) совпадает с полнолунием, когда солнечные затмения невозможны. К тому же в Евангелии от Луки говорится, что это явление «было же около шестого часа дня и сделалась тьма по всей земле до часа девятого». Но Солнце заходит 3 апреля на широте Иерусалима вскоре после 6 часов и никак не могло быть видно до «девятого часа». Астрономические вычисления указывают, что в это время было лунное затмение. Оно длилось от 18 часов 44 мин до 21 часа 52 мин, что в пределах часа согласуется с библейскими данными. Правда, у Луки сказано «и померкло Солнце», но это можно объяснить тем, что Лука писал Евангелие спустя много лет после описываемых событий и, возможно, со слов других людей, а потому мог и ошибиться. Кстати, в трех других евангелиях об этом затмении ничего не говорится.

Подконтролен ли «парниковый эффект»?

Будет ли в ближайшее время «парниковый эффект» неконтролируемым? Международная природоохранительная организация «Гринпис» провела в 1991 г. опрос среди климатологов мира. Из участвовавших в опросе 113 ученых примерно половина считает, что подобное возможно, а 13 % опрошенных — что это вполне вероятно.

В различных научных центрах, занимающихся исследованиями данной проблемы, построены математические модели, которые говорят: к 2100 г. произойдет глобальное потепление климата — средняя температура воздуха возрастет примерно на 3 °С. Однако ни одна из моделей не принимает в расчет возможные механизмы обратной связи (некоторые из них могут ускорить потепление, другие же — замедлить его).

Одним из механизмов — он может вызвать катастрофические эффекты — было бы выделение в атмосферу огромных объемов двуокиси углерода и метана при развитии потепления в тундре. Ведь вслед за этим последует разложение мощного слоя отмершей растительности. Другим фактором повышения температуры

воздуха, тоже пока неучитываемым, может стать гибель некоторых видов планктона, подвергающегося усиленному воздействию солнечного ультрафиолета в связи с разрушением озонового слоя. Как известно, фитопланктон в огромных количествах поглощает двуокись углерода из воздуха, и массовая его гибель привела бы к насыщению атмосферы этим «парниковым» газом.

Но особенно тревожит ученых то, что эффекты обратных связей могут суммироваться и вызвать неподконтрольное быстрое потепление в глобальных масштабах. При опросе специалистов более 10 % респондентов сочли такой вариант событий вполне вероятным.

New Scientist, 1992, 103, 1808

Оползня не было

Сопоставляя между собой радиоизображения поверхности Венеры, полученные в ноябре 1990 и июле 1991 г. космическим аппаратом «Магеллан», американские ученые пришли к выводу, что в районе плато Земли Афродиты сошла мощная каменная лавина. Как полагали специалисты, этот крупный оползень случился за те восемь месяцев, которые отделяли первую радиолокационную съемку от второй.

Однако теперь Д. Плаут из Лаборатории реактивного движения в Пасадене (США), кото-

рый и открыл оползень, пришел к обратным выводам. Он считает, что в первый раз его ввело в заблуждение искажение изображения, которое возникает, когда угол зрения наблюдающего прибора относительно вертикали меньше наклона круто понижающейся местности или равен ему.

Подобное условие как раз существовало оба раза, когда «Магеллан» проходил над Землей Афродиты. В июле орбита «Магеллана» проходила ближе к вершине, чем к подножью возвышенности, поэтому отраженный радиосигнал от вершины поступал к приемному устройству раньше. Таким образом и возникло изображение, на котором вершина казалась близкой к под-

ножью, а яркое пятно, вероятно, — ложное изображение, связанное со смещением радиолокационного сигнала.

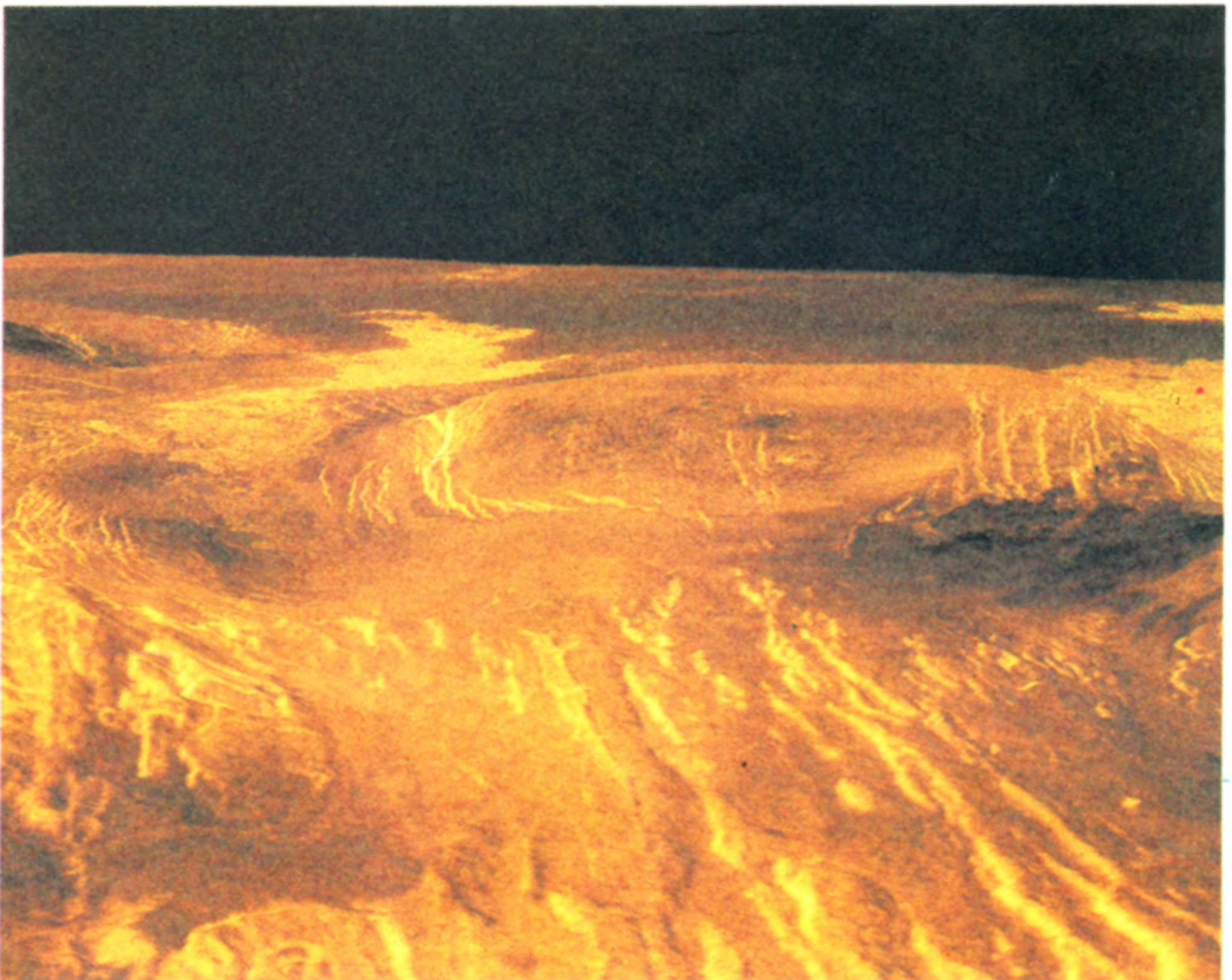
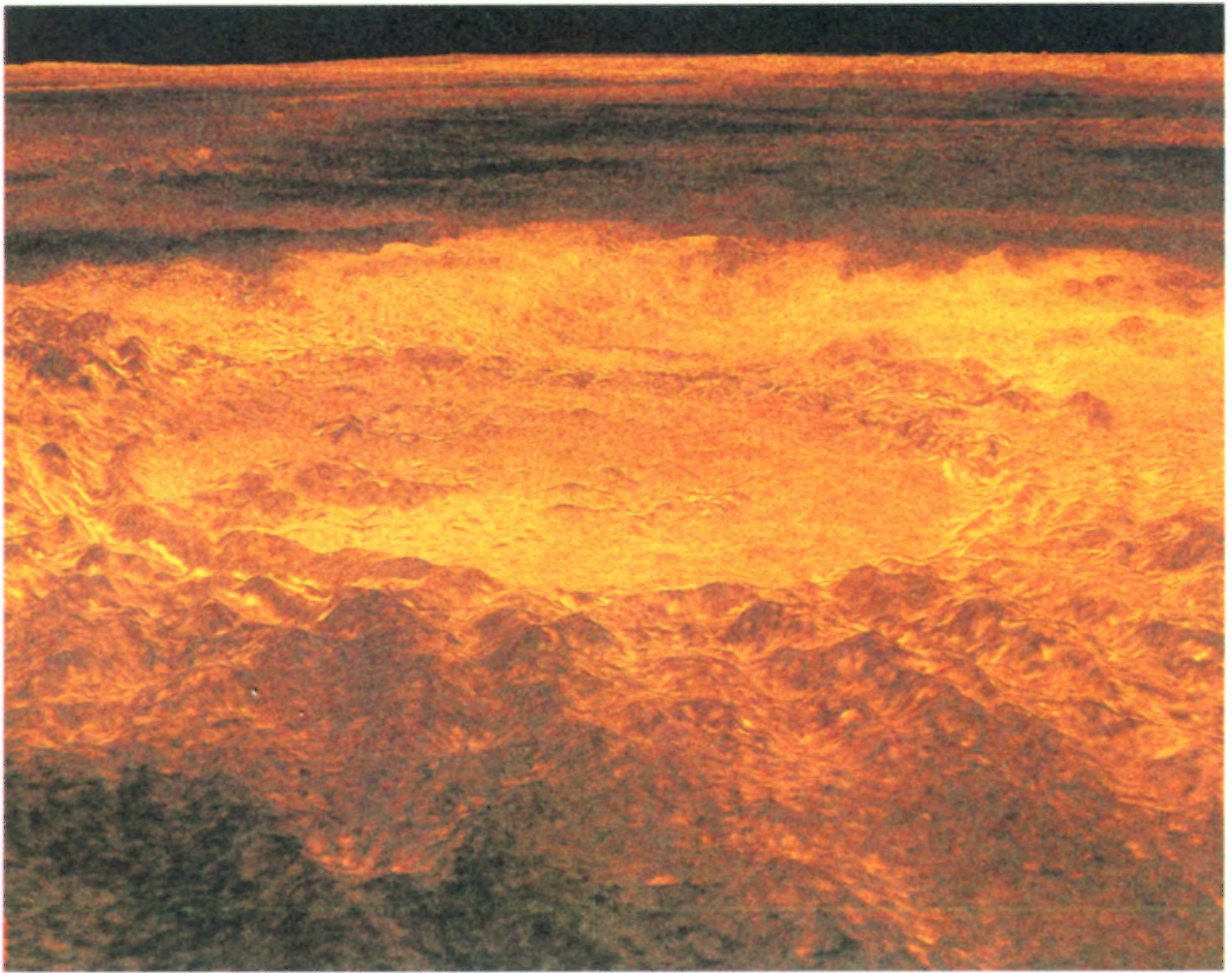
В ноябре же угол зрения приборов «Магеллана» был почти равен наклону местности, так что отраженные радиозэхо от вершины и от подножья прибыли к приемнику почти одновременно. Исследователи ошибочно интерпретировали единственную яркую линию, которую образовали эти эхо, как разлом. Хотя на радарных изображениях и видна местность, где разбросаны обрушившиеся породы, эти обломки, по всей видимости, скатились вниз по склону в отдаленное время.

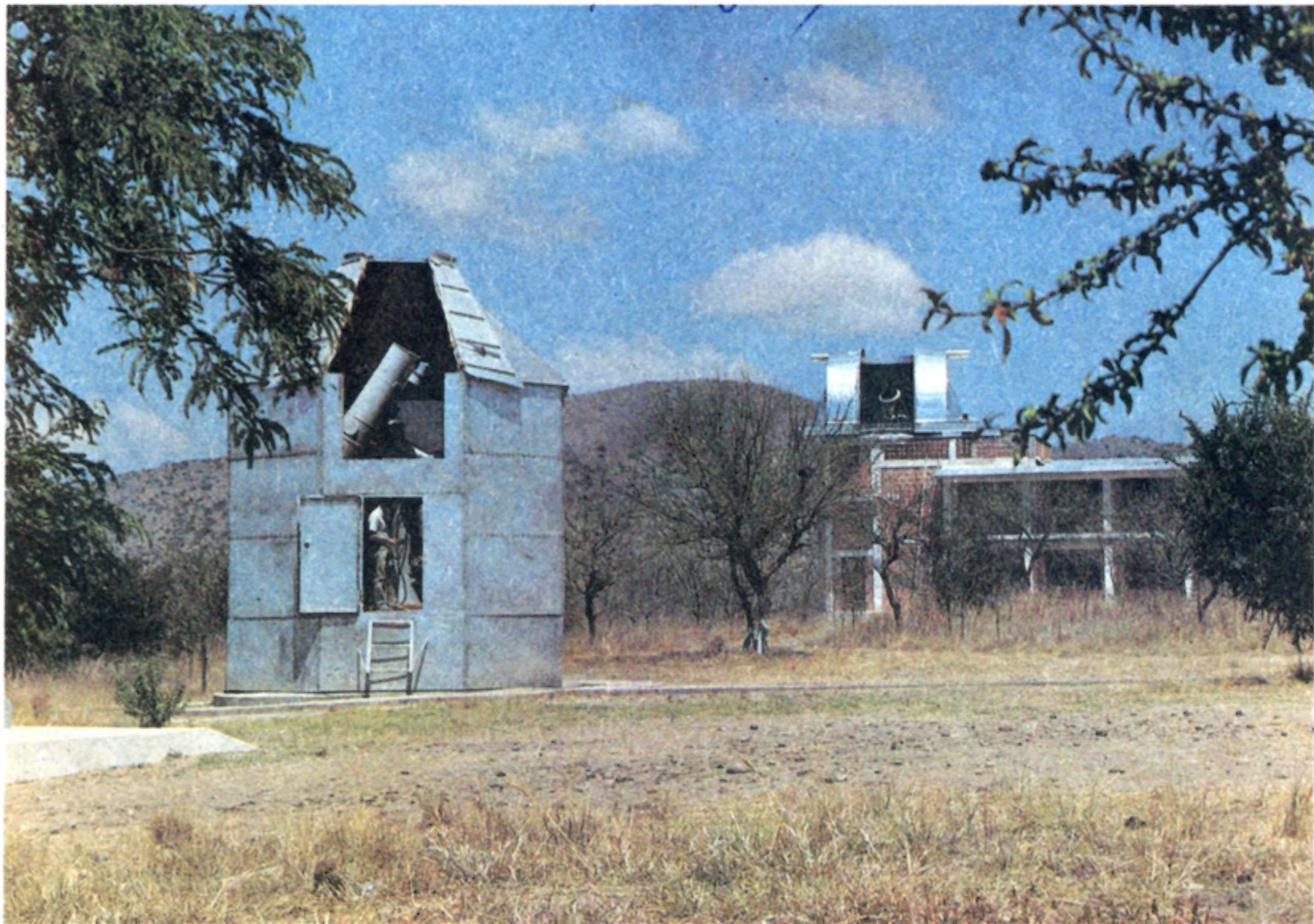
Science News, 1991, 140, 17

Сдано в набор 7.6.92. Формат бумаги 70×100¹/₁₆. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 12,5. Усл.-печ. л. 9,4. Усл.-кр. отт. 2670 тыс. Бум. л. 4,7 Тираж 28 366 экз. Заказ 791

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука» 117810, Москва, Мароковский пер., 26.

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат Министерства печати и информации Российской Федерации 142300 г. Чехов Московской области





ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЦЕНА **90** КОП.
ИНДЕКС 70336